



**Carina Alexandre de Carvalho Seabra**

Licenciada em Biologia Celular e Molecular

## **Validação e Otimização do Sistema Automático de Limpeza de Equipamentos**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Tecnologias de Produção e Transformação Agro-Industrial

Orientador: Prof. Doutor Fernando Reboredo, Professor  
Auxiliar com Agregação, Faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Co-orientadora: Eng<sup>a</sup>. Ana Paula Guedelha, Engenheira  
de Processos, FIMA, Grupo Unilever-Jerónimo Martins

Júri:

Presidente: Doutor Fernando José Cebola Lidon, Prof. Associado com Agregação –  
FCT/UNL

Arguente: Doutora Maria Manuela Malhado Simões Ribeiro, Prof. Auxiliar –  
FCT/UNL

Vogal: Engenheira Ana Paula Leal Marques Guedelha, Eng.<sup>a</sup> de Processos,  
FIMA. Grupo Unilever-Jerónimo Martins



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Dezembro de 2016**





**Carina Alexandre de Carvalho Seabra**

Licenciada em Biologia Celular e Molecular

## **Validação e Otimização do Sistema Automático de Limpeza de Equipamentos**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Tecnologias de Produção e Transformação Agro-Industrial

Orientador: Prof. Doutor Fernando Reboredo, Professor  
Auxiliar com Agregação, Faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Co-orientadora: Eng<sup>a</sup>. Ana Paula Guedelha, Engenheira  
de Processos, FIMA, Grupo Unilever-Jerónimo Martins

Júri:

Presidente: Doutor Fernando José Cebola Lidon, Prof. Associado com Agregação –  
FCT/UNL

Arguente: Doutora Maria Manuela Malhado Simões Ribeiro, Prof. Auxiliar –  
FCT/UNL

Vogal: Engenheira Ana Paula Leal Marques Guedelha, Eng.<sup>a</sup> de Processos,  
FIMA. Grupo Unilever-Jerónimo Martins



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Dezembro de 2016**

## **Direitos de Cópia**

### **Validação e Otimização do Sistema Automático de Limpeza de Equipamentos**

Indicação dos direitos de cópia em nome Carina Alexandre de Carvalho Seabra, aluna n.º 44806 do Mestrado em Tecnologias de Produção e Transformação Agro-Industrial, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, referente à dissertação com o título “Validação e Otimização do Sistema Automático de Limpeza de Equipamentos”.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

O meu primeiro agradecimento é dedicado ao professor Fernando Reboredo, meu orientador, pela sua dedicação aos alunos, convicção no nosso sucesso, e pelo acompanhamento desta etapa tão importante da minha vida. Estendo também a minha gratidão aos professores Fernando Lidon e Fernanda Pessoa, da comissão científica do mestrado, assim como a todos os professores das diversas áreas que nele participaram, pela dedicação e conhecimentos transmitidos, que foram bastantes valorizados. Aos meus colegas de mestrado, que embarcaram comigo nesta aventura de inaugurar um novo ciclo de estudos, com todas as possibilidades e desafios que daí advêm.

Agradeço à Engenheira Ana Paula Guedelha, que me recebeu como sua estagiária, que sempre me desafiou com novos projetos, e cuja generosidade me permitiu aprender mais do que alguma vez esperei, tanto a nível pessoal como profissional.

Aos operadores da FIMA, que considero os meus primeiros colegas de trabalho, o meu muito obrigado por toda a paciência, conselhos, empenho e gosto em ensinar e pelos bons momentos passados.

À equipa de Desenvolvimento da FIMA, Engº. António Leal de Oliveira, Engº. Franklin Jorge e Ana Garrido, pela possibilidade de comunicar com a vertente do desenvolvimento de novos produtos, que foi bastante enriquecedora e desafiante e pelos bons momentos passados durante o arranque da nova linha de produção.

Aos meus colegas de gabinete Hugo Fernandes, Pedro Caetano, e Matilde, que, apesar da diferença clubística, sempre foram calorosos e receberam-me muito bem.

Às minhas colegas de estágio, que se tornaram grandes amigas, Ana Horta, Nélia Gonçalves e Rute Rosa, o meu muito obrigado pelo companheirismo, amizade e generosidade na partilha de conhecimento. Aprendi imenso convosco e tornaram esta experiência inesquecível.

Às minhas amigas Catarina Santos e Daniela Santos, vocês sabem o que significam para mim.

Por fim, o meu mais profundo agradecimento vai para a minha família e amigos que partilharam comigo toda esta minha jornada académica, que nunca me deixaram desistir nos momentos mais complicados e que sempre acreditaram nas minhas capacidades.

A todos vós, o meu muito obrigado!



## Resumo

A presente dissertação foi desenvolvida na unidade de produção de margarinas e cremes vegetais da FIMA, Grupo Unilever-Jerónimo Martins, durante um período de 8 meses, e teve como objetivo a revisão e validação dos processos de higienização das linhas de produção.

A higienização é um processo essencial nas indústrias do setor alimentar para garantir que a segurança alimentar é alcançada, e permitir o fornecimento de produtos inócuos ao consumidor.

Neste contexto, a utilização de sistemas *Clean-In-Place* (CIP) permite a higienização de linhas de produção e equipamentos sem necessidade de os desmontar. Este sistema automático envolve a circulação de água e agentes químicos, apresentando vantagens em termos da eficácia do processo, tempo despendido e utilização de recursos químicos e humanos, relativamente às limpezas manuais.

A validação deste sistema baseou-se numa metodologia desenvolvida pela Unilever denominada *12 Passos* que, em linhas gerais, envolve a revisão dos processos de fabrico e de higienização, identificação de substâncias indesejáveis, forma e contexto de ocorrência.

No decurso do processo, a medição *in situ* de parâmetros físicos e químicos e a recolha de amostras para análise de soluções de higienização permitiram concluir que o sistema *Clean-In-Place* implementado pela FIMA é eficaz na remoção de resíduos do produto e dos compostos químicos utilizados na limpeza e desinfeção, corpos estranhos e micro-organismos.

Contudo, reconhecem-se oportunidades de melhoria na optimização e eficiência do sistema instalado, nomeadamente na quantidade dos compostos químicos utilizados e no tempo necessário ao processo.

**Palavras-chave:** Segurança Alimentar, Higienização, Contaminantes, *Clean-in-Place*, Margarina, FIMA





## **Abstract**

The presente dissertation, developed at FIMA's Margarine and vegetable spreads production site, an Unilever-Jerónimo Martins factory, for a period of 8 months, consisted in the review and validation of the production lines' hygiene processes.

Hygiene is a crucial component in the food industry to ensure high levels of food safety, and consequently provide the consumer with innocuous foodstuffs.

Regarding this subject, the instalation of Clean-In-Place (CIP) systems allow for the cleaning and disinfection of food processing plants without the need for dismantling equipment. This automatic systems implies the circulation of water and chemical substances, with countless advantages in terms of process efficiency, time spent as well as human and chemical resources, in comparison to manual cleaning.

The system's validation was based on a method developed by Unilever, called 12 Steps, that requires the review of the production and hygiene processes, identification of unwanted substances, as well as their ways and context of occurence.

During the process, the *in situ* measurement of physical and chemical parameters and the collection of hygiene solutions' samples for analysis, that were then submitted to various analytical methods allowed us to confirm that FIMA's Clean-In-Place system is effective regarding the elimination of product residues, cleaning and disinfection substances, foreign bodies and micro organisms.

Nevertheless, there are chances of optimizing and improving the system's efficiency towards the quantity of chemical substances used and the time dedicted to the process.

**Keywords:** Food Safety, Hygiene, Contaminants, Clean-In-Place, Margarine, FIMA



## Índice de Conteúdos

1 .Introdução .....	2
1.1 . Contexto Empresarial .....	3
1.2 . Objetivos Gerais .....	5
2 .Margarina .....	7
2.1 . Composição .....	7
2.1.1 Fase Gorda .....	7
2.1.2 Fase Aquosa .....	8
2.2 . Processo Produtivo .....	9
3 .Segurança Alimentar .....	15
3.1 . <i>Food Safety versus Food Security</i> .....	16
3.1.1 Food Security .....	16
3.1.2 Food Safety .....	16
3.2 . HACCP .....	17
3.3 . Perigos em Segurança Alimentar.....	18
3.3.1 Perigos Físicos .....	18
3.3.2 Perigos Químicos .....	20
3.3.3 Perigos Biológicos .....	23
4 .Higienização.....	27
4.1 . Limpeza .....	29
4.1.1 Fatores que influenciam a Limpeza .....	29
4.1.2 Agentes de Limpeza.....	32
4.2 . Desinfecção .....	34
4.2.1 Desinfecção Térmica .....	34
4.2.2 Desinfecção Química.....	35
4.3 . <i>Clean-In-Place</i> .....	35
4.3.1 Parâmetros da Limpeza e Desinfecção .....	37
4.3.2 Design Higiênico de Equipamentos .....	39

5 .Metodologia e Materiais.....	43
5.1 Plano de Validação da Limpeza e Desinfecção.....	44
5.1.1 Pré- Requisitos .....	44
5.1.2 Seleção de Parâmetros .....	48
5.1.3 Validação .....	51
6 .Resultados: Apresentação e Discussão.....	55
6.1 Passo 1: Revisão do Processo de Fabrico .....	55
6.2 Passo 2: Verificação do Processo de Fabrico .....	59
6.3 Passo 3: Revisão do Plano de Limpeza e Desinfecção.....	59
6.4 Passo 4: Verificação do Plano de Limpeza e Desinfecção .....	67
6.4.1 Condutividade Elétrica.....	68
6.4.2 Caudal .....	74
6.4.3 Temperatura .....	76
6.5 Passo 5: Seleção do Produto .....	78
6.6 Passos 6 a 10: Identificação de Contaminantes, Tipo de Amostras, Localização, Método Analítico e Limites de Aceitação.....	78
6.7 Passo 11: Recolha de Amostras e Análises .....	81
6.8 Passo 12: Avaliação dos Resultados.....	81
7 .Conclusões e Oportunidades de Melhoria.....	83
8 .Bibliografia .....	87
8.1 Legislação.....	90
9 .Anexos.....	93
9.1 Anexo I – Relação de Concentração (%) e Condutividade (mS/cm, a 20°C) do Hidróxido de Sódio (NaOH).....	93
9.2 Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante os diversos acompanhamentos de CIP às Linhas 1 e 3.....	94

## Índice de Figuras

Figura 1.1: Esquema-resumo com algumas informações acerca da unidade industrial da FIMA.	4
Figura 2.1: Representação esquemática das Unidades A e C do MPU.	11
Figura 2.2: Esquematização das linhas de produção existentes na Margarinaria da Fima, com a presença dos diversos sistemas doseadores e tipo de embalagens a eles associadas.	13
Figura 4.1: Ação dos Surfatantes na remoção da sujidade. A: Adição da solução com surfatante ao meio onde se encontra a sujidade; B: Componente hidrofóbica do surfatante entra em contacto com a superfície da sujidade; C: Superfície da sujidade é removida do meio onde estava depositada e dá-se o início da sua quebra; D: Partículas de sujidade em suspensão no meio aquoso, rodeadas pelas moléculas do surfatante.	34
Figura 4.2: Componentes do Círculo de <i>Sinner</i> : Energias química, mecânica, térmica e tempo.	37
Figura 4.3: Esquematização de uma válvula mixproof, fechada (1) e aberta (2) (Adaptado de Moerman <i>et al.</i> , 2014).	40
Figura 5.1: Esquema representativo da metodologia aplicada na validação do processo de higienização. A numeração corresponde à etapa do Plano de Validação da Limpeza e Desinfecção.	46
Figura 6.1: <i>Process and Instrumentation Diagram</i> simplificado da Linha 1.	56
Figura 6.2: <i>Process and Instrumentation Diagram</i> simplificado da Linha 3.	57
Figura 6.3: A - Depósitos esbranquiçados nas placas iniciais do permutador de calor. B – Depósitos acastanhados e ressequidos nas placas finais do permutador de calor.	58
Figura 6.4: Esquematização da instalação necessária para a limpeza semiautomática de permutadores de calor.	61
Figura 6.5: Esquematização simplificada da Central de CIP da Margarinaria da FIMA. Representação dos quatro tanques de armazenamento de soluções de limpeza e desinfecção e outros componentes (bombas e válvulas). CT representa o condutivímetro, FT o caudalímetro e TT o sensor de temperatura.	62
Figura 6.6: Condição de abertura e fecho de válvulas junto ao condutivímetro do sistema de retorno. O preenchimento da válvula a negro indica que está aberta. A: Posição das válvulas durante a etapa de desengorduramento. B: Posição das válvulas durante as etapas seguintes.	74
Figura 6.7: Caudal volúmico ao longo de uma conduta de diâmetro variável (Extraído de Lewis, 2008).	74
Figura 6.8: Resultados obtidos através da utilização da zaragatoa de Proteína Total.	80
Figura 6.9: Resultados obtidos através da utilização do <i>kit ELISA</i> para determinação da presença de leite.	80



## Índice de Tabelas

Tabela 3.1: Perigos Físicos e sua origem (Adaptado de Baptista e Venâncio ,2003, e Aladjadjiyan, 2006). .....	19
Tabela 3.2: Níveis de ação e necessidade de referência na rotulagem (Extraído de EU-VITAL, 2016). .....	22
Tabela 3.3: Concentração, em mg de substância alergénica/kg de alimento (ppm), correspondente a cada nível de ação para a rotulagem (Adaptado de EU-VITAL, 2016). .....	22
Tabela 3.4: Fonte e Legislação Aplicável às diversas categorias de perigos químicos.....	23
Tabela 3.5: Condicionantes ao desenvolvimento de micro-organismos de interesse alimentar, nomeadamente Temperatura mínima e máxima (Tmin e Tmáx), pH, Atividade da água <sup>2</sup> (Aw) e Teor em sal (NaClmáx) (Adapatado de Baptista e Venâncio, 2003) .....	24
Tabela 4.1: Propriedades da sujidade, facilidade de remoção e efeito provocado pelo calor (Adaptado de Troller, 2012).....	30
Tabela 4.2: Vantagens associadas à utilização do sistema CIP para a higienização de linhas de produção dedicadas ao fabrico de géneros alimentícios (Adaptado de Moerman <i>et al.</i> , 2014)..	36
Tabela 5.1: Etapas da metodologia correspondentes aos 12 Passos do Plano de Validação da Limpeza e Desinfecção. ....	43
Tabela 6.1: Parâmetros de Temperatura (°C) e Concentração (%) dos tanques 1, 2 e 3 da central de CIP. 64	
Tabela 6.2: Tempo de contacto (minutos) específico das várias etapas de CIP para os equipamentos da Linha 1.....	65
Tabela 6.3: Tempo de contacto (minutos) específico das várias etapas de CIP para os equipamentos da Linha 3.....	65
Tabela 6.4: Parâmetros relativos ao Caudal (m <sup>3</sup> /h), Temperatura (°C) e Condutividade (mS/cm) que condicionam o início da contagem do tempo de contacto para os equipamentos dos circuitos C e D. ....	66
Tabela 6.5: Condições iniciais de Temperatura (°C) e Concentração (%) do Tanque de Desinfetante da Central de CIP. ....	68
Tabela 6.6: Parâmetros de Tempo (minutos), Condutividade (mS/cm), Caudal (m <sup>3</sup> /h) e Temperatura (°C) registados durante a circulação de desinfetante e enxaguamento final, no Sistema Doseador 1 kg da Linha 1.....	68
Tabela 6.7: Concentração (%p/p) e condutividade específica a 25°C do desinfetante usado no sistema CIP. Informação obtida junto do fornecedor.....	69
Tabela 6.8: Condições iniciais de Temperatura (°C) e Concentração (%) do tanque de desinfetante da Central de CIP após alteração dos parâmetros referidos. ....	70



Tabela 6.9: Condições de Tempo (minutos), Condutividade (mS/cm), Caudal (m³/h) e Temperatura (°C) registados durante a circulação de desinfetante e enxaguamento final, no Sistema Doseador 1 kg da Linha 1, após alteração dos parâmetros referidos.....	70
Tabela 6.10: Condições iniciais de Temperatura (°C) e Concentração (%) do tanque de detergente (2) da Central de CIP.....	71
Tabela 6.11: Parâmetros de Tempo (minutos), Condutividade (mS/cm), Caudal (m³/h) e Temperatura (°C) registados durante a circulação de detergente e enxaguamento intermédio, no Tanque de Pré-mistura 2 da Linha 3. ....	71
Tabela 6.12: Condutividade (mS/cm), e Concentração determinada por titulação (%) de amostras de detergente recolhidas na linha e no tanque da central de CIP. ....	72
Tabela 6.13: Condições iniciais de Temperatura (°C) e Concentração (%) do tanque de detergente (4) da Central de CIP.....	72
Tabela 6.14: Parâmetros de Tempo (minutos), Condutividade (mS/cm), Caudal (m³/h) e Temperatura (°C) registados durante a circulação de detergente e enxaguamento intermédio, num depósito da Sala de Leite, após alteração da escala dos condutivímetros de retorno.....	73
Tabela 6.15: Velocidade média (m/s) que ocorre em cada dimensão de diâmetro interno (mm), para o caudal mínimo de retorno de 5 m³/h.....	75
Tabela 6.16: Caudal volúmico (m³/h) necessário para se atingir, em cada dimensão de diâmetro interno (mm), a velocidade de 1,5 m/s. ....	75
Tabela 6.17: Velocidades (m/s) que ocorrem em cada dimensão de diâmetro interno (m) existente no circuito de CIP ao Sistema Doseador 1 kg, para o caudal médio registado de 14,5 m³/h. ....	76
Tabela 6.18: Tempo de contacto (minutos) específico das várias etapas de CIP para os equipamentos da Linha 1, após reavaliação. ....	77
Tabela 6.19: Parâmetros de concentração mínima de passagem (%) e condutividade mínima de retorno (mS/cm) adotados nos Circuitos C e D após reavaliação das condições apresentadas inicialmente na Tabela 6.1 e Tabela 6.4 .....	78
Tabela 6.20: Descrição dos parâmetros seleccionados nos passos 6 a 10 do Plano de Limpeza e Desinfecção.....	80
Tabela 9.1: Relação de Concentração (%) e Condutividade (mS/cm, a 20°C) do Hidróxido de Sódio (NaOH). Informação obtida junto do fornecedor do detergente. ....	93
Tabela 9.2: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Sistema Completo na Linha 1.....	94
Tabela 9.3: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Sistema Doseador 1 kg da Linha 1. ....	95
Tabela 9.4: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Passagem da Linha 1.....	95

Tabela 9.5: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Sistema Completo na Linha 3.....	95
Tabela 9.6: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Passagem e ao Sistema Doseador 500 g da Linha 3. Parte I.....	95
Tabela 9.7: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Passagem e ao Sistema Doseador 500 g da Linha 3 - Parte II. ....	95
Tabela 9.8: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Pré-mistura 1 da Linha 3. ....	95
Tabela 9.9: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Pré-mistura 2 da Linha 3. Parte I.....	95
Tabela 9.10: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Pré-mistura 2 da Linha 3. Parte II. ....	95



## Lista de Siglas e Abreviaturas

CIP – *Clean – In – Place*

FIMA – Fábrica Imperial de Margarina, S.A.

FAO - *Food and Agriculture Organization*

HACCP - *Hazard Analysis and Critical Control Points*

PCC - Pontos Críticos de Controlo

EU-VITAL - *European Voluntary Incidental Trace Allergen Labelling*

HLB - *Hidrophilic – Lipophilic Balance*

SSHE - *Scrapped Surface Heat Exchangers*

MPU – *Margarine Production Unit*

EDTA – Ácido etilenodiamina tetra-acético

P&ID - *Process and Instrumentation Diagrams*

NaOH – Hidróxido de Sódio

HCl – Ácido Clorídrico

ELISA - *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*

$v_m$  – velocidade média

$Q$  – caudal volúmico

$D$  – diâmetro interno da conduta

B.A.P – Bomba de Alta Pressão



# Capítulo 1

---

## Introdução

## 1 .Introdução

A capacidade de obtenção de alimentos esteve na base da sobrevivência e evolução dos seres humanos desde os primórdios da civilização. Ao longo dos séculos, foram surgindo novos géneros alimentícios e simultaneamente foi crescendo a necessidade de prolongar o seu tempo de vida útil. O retardamento da deterioração natural dos alimentos tornou-se então uma preocupação fulcral, levando ao aparecimento de técnicas que, através da alteração das suas propriedades físico-químicas, passaram a permitir uma maior resistência à degradação enzimática e microbológica, na altura desconhecidas.

No final do século XIX, quando se descobriu que os alimentos eram uma fonte importante de micro-organismos causadores de doenças, a comunidade científica debruçou-se sobre os reservatórios e vias de transmissão dos agentes patogénicos, como os insetos, vísceras dos animais e a contaminação fecal. Neste contexto, tornou-se ainda evidente a importância da higiene pessoal, até aí menosprezada, no controlo da transmissão de doenças. Já no início do século XX, começaram então a ser aplicadas técnicas como a pasteurização do leite e o tratamento térmico de produtos enlatados. A higiene começou também a ganhar cada vez mais relevância, essencialmente como medida preventiva da contaminação (Notermans e Powell, 2005).

A produção e transformação no setor alimentar devem então aplicar metodologias que, aliadas às técnicas de conservação, permitam a manutenção da inocuidade dos alimentos, tanto a nível microbológico, como físico e químico. Esta é, no fundo, a premissa da Segurança Alimentar.

A Comissão do *Codex Alimentarius* definiu como *higiene* todas as condições e medidas necessárias para garantir a segurança e a adequação dos alimentos em todas as etapas da cadeia alimentar (*Codex Alimentarius Commission*, 2003). Inclui metodologias para prevenir a contaminação assim como formas de a eliminar (como é o caso da pasteurização). Para além da higiene pessoal, engloba-se ainda neste contexto o *design* higiénico de equipamentos e instalações assim como a limpeza e desinfeção de áreas contíguas à manipulação de alimentos, e ainda a eliminação de resíduos gerados.

Até meados do século XX, a higienização de linhas de produção e equipamentos industriais era um processo particularmente moroso, que implicava desmontar os sistemas de processamento de alimentos, como é o caso das condutas, por exemplo, para que estes pudessem ser lavados manualmente pelos operadores, acarretando elevados custos financeiros.

A implementação dos primeiros sistemas de *Clean-In-Place* (CIP), na década de 50, veio revolucionar a metodologia de higienização, particularmente nas indústrias produtoras de lacticínios, bebidas e fármacos. A introdução desta tecnologia em sistemas de produção contínuos passou a permitir a lavagem e desinfeção de tanques, condutas e equipamentos de processamento

por circulação de água e agentes de limpeza, sem ser necessário desmontar muitos dos equipamentos existentes nas linhas de produção, reduzindo a intervenção humana, o tempo despendido, assim como os custos associados ao processo, tendo como objetivo final reduzir a probabilidade de futuras contaminações.

Nas décadas seguintes, os principais avanços surgiram no sentido da automação do processo, com a instalação de Controladores Lógicos Programáveis, no desenvolvimento de agentes químicos mais eficientes, e na simplificação do processo (Valigra, 2010).

### **1.1. Contexto Empresarial**

O grupo Jerónimo Martins, fundado em 1792, em Lisboa, evoluiu a partir de uma inicialmente modesta loja de comércio com alguma variedade de produtos, que chegou a ser fornecedora da Casa Real, sendo reconhecida pela comercialização de produtos importados. Tendo enfrentado situações economicamente desfavoráveis, nomeadamente no início do séc. XX, durante a I Guerra Mundial, o grupo consegue recuperar o seu estatuto, à custa de reestruturações, aquisições e mudanças estratégicas, como foi o caso da aposta no setor industrial, com a inauguração da FIMA – Fábrica Imperial de Margarina, Lda, em 1944, dedicada à produção de margarinas e óleos alimentares (JerónimoMartins, 2016).

A FIMA só iniciou a laboração em 1949, ano em que se formalizou também a *joint-venture* com a multinacional Unilever, cuja relação comercial datava já de 1926. Consolidou-se assim a atividade industrial, orientada por uma visão a longo prazo que dura até aos dias de hoje, sob a forma da Companhia Unilever-Jerónimo Martins, com uma participação de 45% do grupo português (Unilever e JerónimoMartins, 2016). Na Figura 1.1 encontra-se um esquema-resumo com algumas informações acerca da FIMA.

Atualmente, na unidade industrial de Santa Iria da Azóia, em Loures, estão em atividade as fábricas da FIMA e da Olá, recentemente fundidas numa só Companhia, nas quais estão integradas a Knorr, a Refinaria de Óleos e a Fábrica da Bolacha.

No contexto da unidade industrial da FIMA, o sistema CIP está implementado há mais de duas décadas, em todas as linhas de produção, e segue uma metodologia de monitorização e avaliação do processo desenhadas pela Unilever, que serão descritas mais adiante.



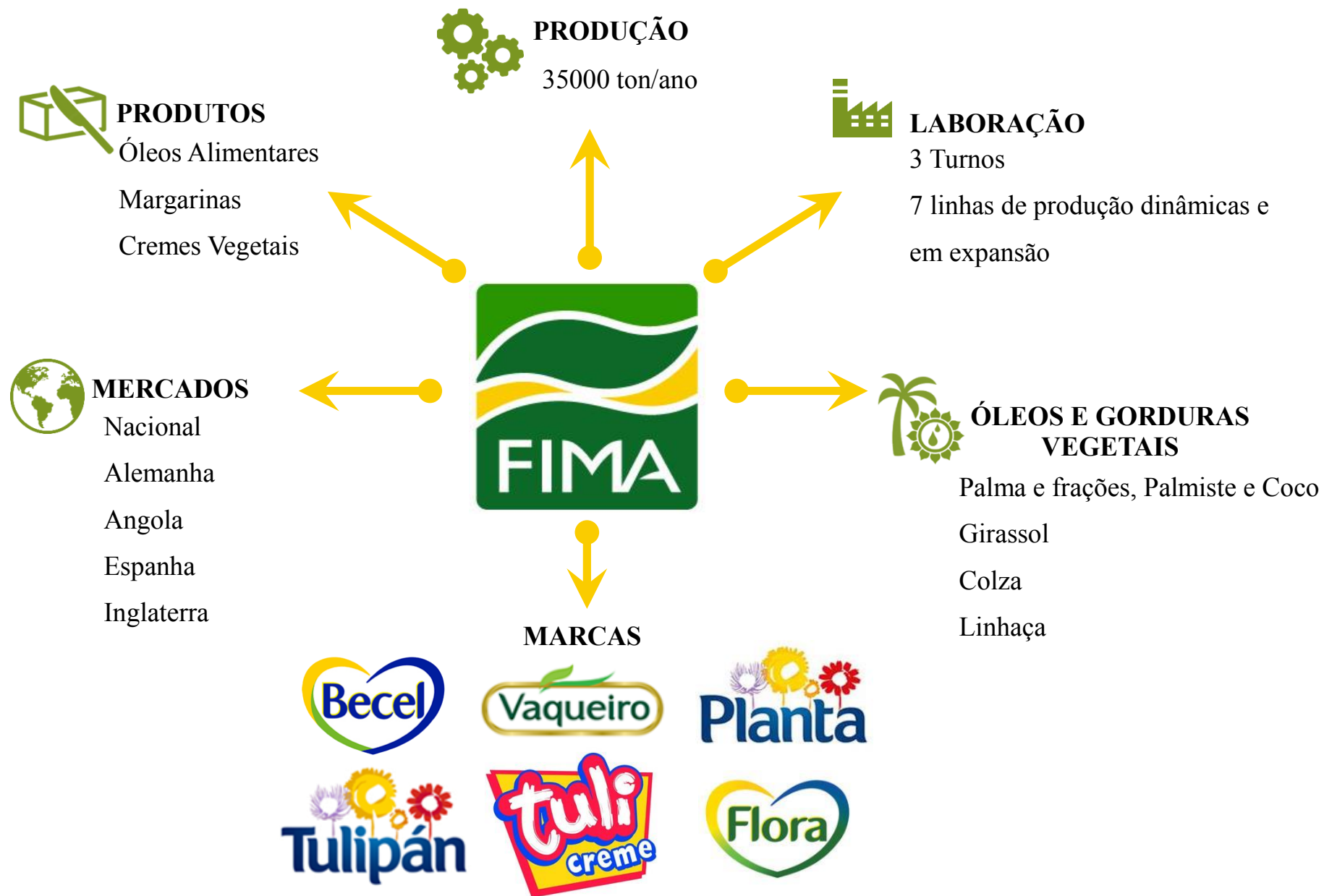


Figura 1.1: Esquema-resumo com algumas informações acerca da unidade industrial da FIMA.

## **1.2. Objetivos Gerais**

O presente trabalho foi desenvolvido na unidade de produção da FIMA, a Margarinaria, e teve como objetivo a revisão e validação dos processos, já implementados, de limpeza e desinfecção de linhas de produção e equipamentos, de acordo com as normas da Companhia.

Tal consistiu no conhecimento da metodologia adotada, na recolha e análise de dados para avaliação e controlo do processo de higienização, com vista à elaboração de propostas para a sua melhoria, otimização e eficiência.

# Capítulo 2

---

**Margarina**

## **2 .Margarina**

A legislação relativa ao fabrico e comercialização da margarina encontra-se vinculada no Decreto-Lei nº 59/85, de 11 de março, tendo sido atualizada relativamente à regulamentação existente anteriormente no sentido de ir de encontro aos interesses da economia nacional para o estabelecimento de padrões de qualidade cada vez mais elevados, assim como os avanços registados na tecnologia de fabrico deste produto. O referido decreto-lei transpõe assim para a legislação as disposições da Norma Portuguesa 897 (NP-897), de 1983: “Gorduras e óleos comestíveis. Margarina. Definição, composição, características e acondicionamento”.

A margarina é definida como um “*produto butiroso obtido fundamentalmente por emulsão de uma fase aquosa em gorduras e óleos comestíveis*”, com aspeto homogéneo e butiroso, cor branca ou amarela, teor mínimo de 80 % de matéria gorda e teor de água máximo de 16 %. A comercialização da margarina deve ser feita na embalagem de origem, que deve ser inócua, para além de impermeável e inerte quanto ao conteúdo, impedindo a ocorrência de contaminação microbiana (Decreto-Lei nº 59/85).

O surgimento de uma diversidade cada vez maior de matérias gordas que mantêm uma consistência sólida à temperatura de 20 °C levou à necessidade de distinção entre matérias gordas (que podem conter até 3 % de derivados de leite) e matérias gordas lácteas. Na primeira categoria insere-se a margarina, com teor de gordura situado entre 80 % e 90 % e os cremes vegetais com teor de gordura: inferior a 39 %; entre 41 % e 60 %; entre 62 % e 80 % (CE N.º 2991/94).

### **2.1. Composição**

A margarina e cremes vegetais resultam de transformações que ocorrem numa emulsão, que tem como fase dispersa a água e como fase contínua óleo. Resulta então da dispersão de gotas de água numa matriz líquida de óleo, estabilizada por cristais de gordura (Flack, 1997).

A produção da emulsão inicia-se sempre com a preparação das duas fases, às quais são adicionados os restantes ingredientes que nelas são miscíveis. A proporção de cada uma das fases na emulsão está dependente das propriedades que se desejam no produto final, como é o caso da textura e teor de gordura, por exemplo.

#### **2.1.1 Fase Gorda**

A fase gorda é constituída maioritariamente por uma mistura de óleos e gorduras de diversas origens, cujo estado físico à temperatura ambiente é determinado pelo teor de ácidos gordos insaturados e cuja conjugação vai influenciar a textura e viscosidade do produto final.

Na FIMA são utilizados os seguintes óleos e gorduras:

- ✓ Tropicais: Palma e frações (estearina e oleína), Palmiste e Coco;
- ✓ Girassol;
- ✓ Colza;
- ✓ Linhaça;
- ✓ Óleos interesterificados.

Estes últimos são óleos resultantes do processo de interesterificação, que pode ser realizado por via química ou enzimática, e que provoca um rearranjo dos ácidos gordos das moléculas lipídicas dos óleos usados, tendo como consequência a alteração das suas propriedades físicas, como o ponto de fusão e de cristalização, mantendo, no entanto, a composição em ácidos gordos original (Rozendaal e Macrae, 1997).

A fase gorda é preparada na Sala de Óleos, onde se adicionam ainda os restantes ingredientes como é o caso de:

- ✓ Emulsionantes<sup>1</sup>, particularmente mono- e diglicéridos de ácidos gordos;
- ✓ Corantes, como o Beta-caroteno, por exemplo;
- ✓ Lecitinas;
- ✓ Vitaminas lipossolúveis A, D e E.

Depois de doseados os ingredientes, a fase gorda permanece em tanques de armazenamento até ser necessária a sua utilização nas linhas de produção, estando sujeita a temperaturas acima do ponto de fusão mais elevado dos ingredientes usados, para que se mantenha no estado líquido.

### ***2.1.2 Fase Aquosa***

A fase aquosa é composta essencialmente por água, e tem grande importância no fabrico da margarina e cremes vegetais, uma vez que permite a dissolução de todos os outros ingredientes que são insolúveis na fase gorda.

---

<sup>1</sup> O tipo de emulsionante e a fase em que é adicionado depende do tipo de emulsão que se pretende obter. Podem dividir-se em emulsionantes hidrofílicos (promovem emulsões Óleo/Água) ou hidrofóbicos (Água/Óleo), sendo em geral adicionados à fase contínua. São caracterizados pelo valor HBL (*Hidrophilic – Lipophilic Balance*), que se situa numa escala entre 0 e 20. Em geral, em emulsões Óleo/Água usam-se emulsionantes com HBL > 8, e para emulsões Água/Óleo, emulsionantes com HBL < 8. Exemplos: Monoglicéridos têm um valor HBL de 3-4, enquanto as proteínas do leite têm HBL = 20.

A água utilizada na Margarinaria cumpre os requisitos de qualidade da água destinada ao consumo humano descritos no Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de Agosto.

A sua preparação ocorre na Sala de Leite, onde são adicionados ainda os seguintes ingredientes:

- ✓ **Sal ou Salmoura**, que para além da função organolética, e de conservação, reduz também os salpicos durante a fritura. O teor máximo permitido de Cloreto de Sódio é de 3 % (Decreto-Lei 59/85);
- ✓ **Hidratos de carbono**, como é o caso do amido, gelatina ou goma xantana, particularmente importante em cremes vegetais com baixo teor de gordura e adição de proteínas;
- ✓ **Derivados de produtos lácteos**, sejam eles soro de leite, leite completo ou leitelho, que contribuem para uma melhoria do sabor do produto, num teor até 3 % (Decreto-Lei 59/85);
- ✓ **Reguladores de acidez**, particularmente o ácido cítrico, que, para além de aumentar o tempo de prateleira do produto ao reduzir o seu pH (inibindo o desenvolvimento microbiano), tem ainda propriedades anti-oxidantes, confere um sabor particular, para além de melhorar o desempenho no caso das margarinas destinadas à panificação;
- ✓ **Conservantes**, especialmente na forma de sorbato de potássio. Apesar da margarina ser um produto relativamente resistente à contaminação microbiológica (por se tratar de uma emulsão Água/Óleo), em algumas circunstâncias, como tempo de prateleira mais prolongado, e elevados teores de água e proteínas, é recomendado o uso de conservantes;
- ✓ **Vitaminas hidrossolúveis.**

Após a adição dos ingredientes, a fase aquosa sofre um processo de pasteurização, devido ao seu elevado potencial para desenvolvimento de micro-organismos indesejáveis e potencialmente perigosos no produto final. Esta pode ser conseguida num permutador de calor ou em tanque (*Batch*), sendo de seguida armazenada em depósitos, em ambiente refrigerado, que posteriormente irão alimentar as linhas de produção.

## 2.2. Processo Produtivo

Preparadas as fases, vai proceder-se à obtenção da emulsão propriamente dita, que pode ser conseguida de duas formas:

- A) Adicionando ambas as fases a um tanque de pré-mistura, numa proporção que varia de acordo com o produto que se pretende obter, mantendo-se a emulsão em agitação. Doseia-se inicialmente uma porção da fase gorda para o tanque, seguindo-se a totalidade da fase

aquosa e por fim o restante da fase gorda, para eliminar a fase aquosa que ficou na conduta de alimentação do tanque. O tanque alimenta depois a linha de produção;

- B) A linha de produção é alimentada por ambas as fases, que chegam, a partir dos depósitos onde estão armazenadas, a uma Bomba Doseadora, que vai regular a quantidade de cada uma delas, quer através do número de unidades doseadoras (pistões) dedicadas a cada fase, quer pela velocidade de doseamento, de acordo com o teor de humidade que se pretende obter no produto final.

Depois de obtida a emulsão, esta vai ser conduzida a um permutador de calor, responsável pela pasteurização da emulsão, e obtenção da temperatura correta antes da passagem à etapa seguinte.

Depois de pasteurizada, a emulsão é bombeada através de uma Bomba de Alta Pressão, para um equipamento designado MPU (*Margarine Production Unit*) constituído por várias unidades onde vai ocorrer a transformação física da emulsão em margarina.

As primeiras unidades a receber a emulsão são os Permutadores de Calor de Superfície Raspada (SSHE - *Scrapped Surface Heat Exchangers*), designados por Unidades A (Figura 2.1), e constituídos por um cilindro central com raspadores, que podem ser plásticos ou metálicos, na sua superfície e que está inserido numa câmara circular encamisada onde circula um líquido refrigerante, que no caso é o amoníaco.

A emulsão chega a estas unidades a uma temperatura de aproximadamente 40-60 °C e ao penetrar no reduzido espaço disponível, vai sofrer o fenómeno de cristalização.

A rotação do cilindro interno a elevadas velocidades, vai permitir que os raspadores da sua superfície removam a emulsão que começou a cristalizar na periferia, movendo-a para jusante, permitindo a renovação da superfície para a formação de novos cristais. É frequente a circulação da emulsão por várias unidades A seguidas, com temperaturas gradualmente menores.

A estas seguem-se as Unidades C (Figura 2.1), ou cristalizadores, com formato semelhante às anteriores, mas onde não se dá transferência de calor, e onde os raspadores de superfície são substituídos por pinos, onde vai ocorrer a quebra dos aglomerados de cristais formados na etapa anterior resultante da rotação do veio central.

A sequência entre as várias unidades A e C é variável, e a velocidade de rotação e temperatura a que sujeitam a emulsão irá determinar a forma como a cristalização é conseguida, sendo este um importante fator nas propriedades e qualidade do produto final.

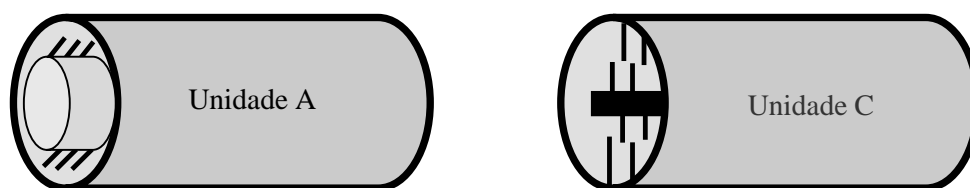


Figura 2.1: Representação esquemática das Unidades A e C do MPU.

Nas linhas em que são produzidos cremes vegetais, que possuem maior teor de humidade, existem ainda equipamentos designados Cristalizadores Inversores, que, devido à sua superior velocidade de rotação vão permitir uma inversão das fases e melhorar a dispersão das gotículas da fase aquosa na fase gorda. Apesar da maior percentagem de fase aquosa adicionada na formulação da emulsão, esta deverá estar dispersa na fase gorda, e por isso é necessário que a velocidade de rotação seja suficiente para promover uma dispersão homogênea de gotículas de pequenas dimensões.

O produto segue depois para um equipamento designado B-unidade, que é essencialmente uma tubagem com maior diâmetro do que as anteriores e que possui crivos ao longo da sua extensão. A emulsão permanece em repouso nestas unidades durante um período de tempo determinado, durante o qual há crescimento dos cristais formados anteriormente, e de seguida é movimentada pela pressão da restante emulsão, sendo forçada a atravessar os crivos, permitindo a sua homogeneização final.

A emulsão cristalizada chega por fim ao Sistema Doseador, a etapa final da produção, que vai acondicionar o produto nas embalagens primárias correspondentes, podendo estas ser de vários tipos: envoltórios ou fundos e tampos, em função da formulação e da quantidade líquida em que são comercializadas. À embalagem primária segue-se uma secundária, que consiste, por exemplo, em caixas ou tabuleiros de cartão que são colocados em paletes, com um arranjo específico, e seguem para armazenamento durante 48 horas, permitindo não só a sua maturação, como também garantia de inocuidade microbiológica, período após o qual o produto é expedido.

A sequência de equipamentos descrita anteriormente é a base de todas as linhas presentes no *Hall* de Produção da Margarinaria, contudo existem variações em algumas linhas, como é o caso da existência de equipamentos como o tanque de passagem, que pode receber o produto enviado pela Bomba Doseadora e alimentar o Pasteurizador, ou receber o retorno de produto que não é embalado.

Para além dos processos que ocorrem no sentido da produção, é essencial referir um outro que é o retorno, e que permite a diminuição de desperdício de produto em diversos pontos.

O retorno consiste num sistema de recuperação de produto, e que se inicia geralmente no final da linha de produção, no Sistema Doseador.



Para o acondicionamento de quantidades líquidas o mais exatas possível, é necessário que a pressão de produto que chega ao sistema doseador seja ligeiramente superior à pressão de embalagem do mesmo, sendo gerado um excesso de produto, que é encaminhado até um sistema de aquecimento e quebra mecânica de produto, o *Rework Melter*, responsável pela transformação da margarina novamente em emulsão, adicionando-a aos tanques de passagem ou a depósitos dedicados à receção da Margarina de Retorno, que tem depois um processamento particular.

Durante toda a produção é essencial controlar diversos parâmetros, descritos no processo de fabrico de cada produto, como é o caso do doseamento das fases gorda e aquosa, funcionamento das bombas, temperatura da emulsão nas diversas etapas e do líquido refrigerante, assim como a humidade e o peso do produto final. Contudo, é importante referir que esta monitorização é dinâmica, sendo necessários pequenos ajustes por parte dos operadores que dão resposta a variações que podem surgir nestes parâmetros, de forma a manter as características e qualidade do produto final.

Uma das características interessantes da Margarinaria da FIMA é a possibilidade de alterar temporariamente a configuração das linhas de produção dentro de certos limites, uma vez que uma MPU pode associar-se a mais do que um sistema doseador, permitindo assim melhorar a eficiência do planeamento da produção (Figura 2.2).

## Hall de Produção da Margarinaria, FIMA

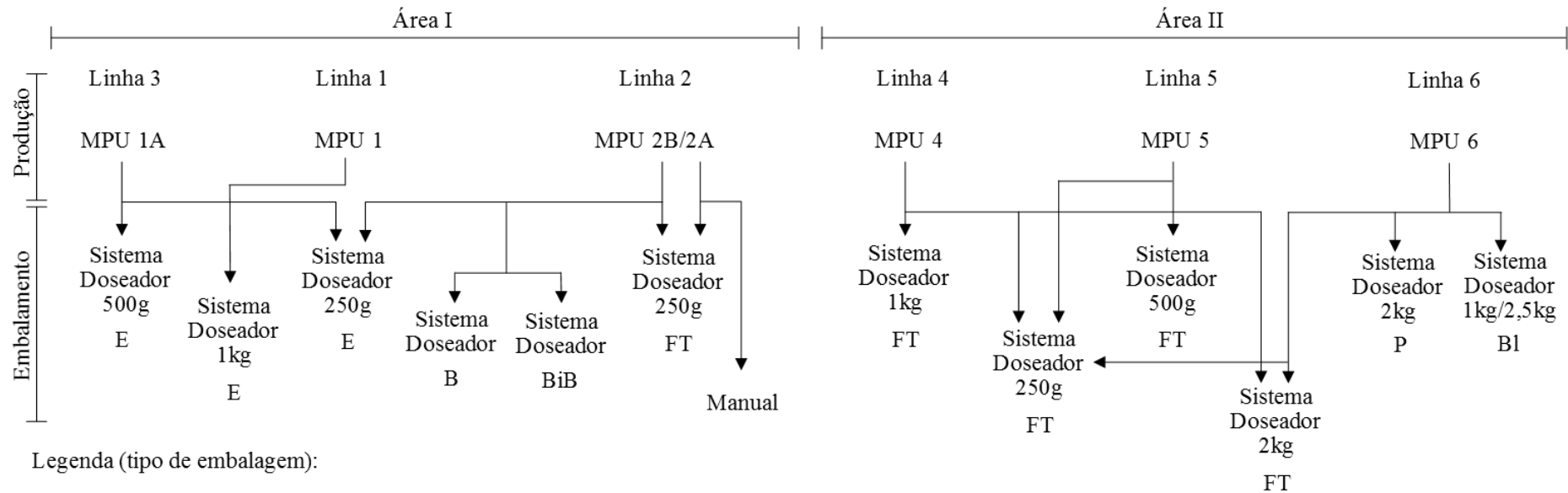


Figura 2.2: Esquematização das linhas de produção existentes na Margarinaria da Fima, com a presença dos diversos sistemas doseadores e tipo de embalagens a eles associadas.

# **Capítulo 3**

---

## **Segurança Alimentar**

### **3 .Segurança Alimentar**

Ao nível da União Europeia, a produção de alimentos e bebidas constitui um dos principais sectores industriais, perfazendo cerca de 15 % da produção total da indústria transformadora, gerando anualmente quase 600 mil milhões de euros, tornando-a o maior produtor a nível mundial (Comissão das Comunidades Europeias, 2000).

A globalização da circulação de produtos potenciou alterações na dinâmica da indústria alimentar de duas formas: por um lado, os consumidores pretendem uma cada vez maior variedade de produtos; por outro lado, as indústrias procuram novos mercados de fornecimento de matérias-primas, com custos inferiores, de forma a fazer face à grande instabilidade do mercado (*World Health Organization*, 2015).

A cadeia de abastecimento torna-se assim cada vez mais complexa e de difícil gestão, aumentando grandemente a probabilidade de ocorrência de contaminações nos alimentos. Consequentemente, é essencial que todos os intervenientes, desde os produtores das matérias-primas, intermediários, vendedores e até mesmo o consumidor final, assumam a responsabilidade de garantir a máxima segurança dos produtos alimentares com que lidam.

Para além disso, como referiu a Diretora-Geral da Organização Mundial de Saúde, Dra. Margaret Chan, no âmbito das comemorações do Dia Mundial da Saúde, a 7 de Abril de 2015, fenómenos que ocorrem localmente podem facilmente assumir uma escala global devido à rápida e disseminada distribuição de alimentos, tornando muito mais complexa a investigação de surtos com origem alimentar, uma vez que é possível ter, numa única refeição, ingredientes provenientes de diversos países (*World Health Organization*, 2015).

É o caso, por exemplo, do surto da bactéria patogénica *Escherichia coli* em rebentos de feno-grego, que ocorreu na Alemanha e França, em 2011, que afetou 3950 pessoas e provocou 53 mortes, e que terá sido proveniente de um lote de sementes importadas do Egipto (*European Food Safety Authority*, 2012).

Para além da conservação dos alimentos continuar no centro das atenções do setor alimentar, têm surgido novas preocupações por parte dos consumidores, nomeadamente a origem dos produtos, o seu teor nutritivo, a forma como são obtidos e inevitavelmente as suas propriedades organoléticas, o que tem conduzido ao desenvolvimento de novas tecnologias de transformação e em última análise, ao surgimento de novos produtos no mercado.

### **3.1. Food Safety versus Food Security**

No âmbito da temática do fornecimento de alimentos, é importante distinguir dois conceitos que, em português, apresentam a mesma designação, Segurança Alimentar, mas que se referem a problemáticas diferentes, contudo relacionadas: *Food Safety* e *Food Security*.

#### **3.1.1 Food Security**

O conceito de *Food Security* foi clarificado pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) da seguinte forma: “*Existe Segurança Alimentar quando todos os indivíduos, em qualquer momento, têm acesso físico, económico e social a alimentos nutritivos, seguros e suficientes para garantir as suas necessidades nutricionais e preferências alimentares para uma vida ativa e saudável*” (*Food and Agriculture Organization*, 2003).

Cerca de 925 milhões de pessoas viviam num estado de subnutrição em 2010. Apesar de este número ter diminuído devido ao aumento do crescimento económico previsto nesse mesmo ano, e à descida a nível internacional do preço dos alimentos, é ainda extremamente elevado, correspondendo a cerca de 16 % da população dos países em desenvolvimento. Este nível de subnutrição terá resultado de diversos fatores, como é o caso do aumento da frequência de conflitos armados e desastres naturais, associados ainda a sistemas governamentais ineficientes, recursos escassos, entre outros (*Food and Agriculture Organization*, 2010).

Para além de limitar a disponibilidade de alimentos, as alterações da temperatura ambiente irão afetar também a capacidade dos indivíduos de armazenarem e utilizarem efetivamente os alimentos, uma vez que lhes está associado um aumento da ocorrência de doenças de origem alimentar (Hanning *et al.*, 2012). Estudos de D’Souza *et al.* (2004) revelaram uma correlação positiva entre o aumento de número de casos de salmonelose em 5 cidades da Austrália, durante um período de 11 anos, e o aumento da temperatura média mensal.

#### **3.1.2 Food Safety**

*Food Safety* refere-se à manipulação, armazenamento e preparação de alimentos de forma a prevenir contaminações e garantir que mantêm os nutrientes necessários para uma dieta saudável (*Food and Agriculture Organization*, 2004). Estes devem por isso ser inócuos e não acarretar perigos para a saúde do consumidor.

A Comissão do *Codex Alimentarius* definiu **perigo** como “*qualquer agente biológico, químico ou físico presente nos alimentos, assim como a suas características, que possua potencial para causar um efeito adverso na saúde humana*” (*Codex Alimentarius Commission*, 2003).

Alimentos e água contaminados são causadores de mais de 200 doenças de origem alimentar que afetam diversos sistemas, causando a morte de aproximadamente 2 milhões de pessoas anualmente. Para além do óbvio impacto na saúde, as doenças causadas por alimentos comprometem ainda o desenvolvimento socioeconómico particularmente dos países mais propícios à sua ocorrência, pondo em causa a viabilidade da economia e dos sistemas de saúde (World Health Organization, 2015).

Os perigos, nas suas diversas naturezas, podem surgir em qualquer uma das etapas da cadeia alimentar, desde a obtenção das matérias-primas, até à sua transformação industrial, não podendo ser desprezadas as atividades relacionadas com o armazenamento, transporte, distribuição, manuseamento e venda do produto ao consumidor final. Por isso, todas as empresas que atuam neste meio devem implementar sistemas que garantam a segurança dos géneros alimentícios.

### **3.2. HACCP**

Uma das abordagens mais eficazes neste contexto é o Sistema HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points* / Análise de Perigos e Controlo de Pontos Críticos), que foi implementada pela Agência Espacial Norte-Americana, nos anos 60, como forma de garantir a segurança dos alimentos consumidos durante as missões espaciais que na altura se iniciavam (Valigra, 2012).

Quando foi apresentada publicamente pela primeira vez, em 1971, esta metodologia tinha 3 princípios base:

- ✓ Identificação e avaliação dos perigos associados com os alimentos, do “prado ao prato”;
- ✓ Determinação de pontos críticos de controlo para identificar a presença de perigo;
- ✓ Estabelecimento de um sistema para monitorização destes pontos.

Várias foram as entidades que reconheceram a importância deste sistema, entre elas a Comissão do *Codex Alimentarius* que, em 1993, publicou a primeira definição internacional de HACCP (Surak, 2009).

Em traços gerais, a aplicação deste sistema em qualquer indústria relacionada com o setor alimentar constitui uma abordagem integrada e contínua que permite a análise de potenciais perigos de diversas origens, avaliando o risco a eles associado, assim como as operações em que podem ocorrer, e decidindo quais deles são críticos para a segurança alimentar.

Um dos principais atributos é o seu carácter preventivo, que envolve a aplicação de medidas preventivas que permitam reduzir a probabilidade de ocorrência dos mesmos, e a implementação de medidas corretivas (Baptista, 2007).

Os 7 princípios em que assenta o Sistema HACCP são então os seguintes:

- ✓ 1: Análise de Perigos;
- ✓ 2: Determinação de Pontos Críticos de Controlo (PPC);
- ✓ 3: Estabelecimento de Limites Críticos;
- ✓ 4: Estabelecimento do Sistema de Monitorização dos PPC;
- ✓ 5: Estabelecimento de Ações Corretivas;
- ✓ 6: Estabelecimento de Procedimentos de Verificação;
- ✓ 7: Documentação e registo de todos os controlos efetuados.

A estes foram acrescentados mais tarde um conjunto de pré-requisitos, que têm que ser avaliados antes de se proceder à aplicação dos princípios descritos anteriormente.

É crucial que os planos HACCP acompanhem as alterações que frequentemente ocorrem nas indústrias ao nível, por exemplo, de equipamentos, processo ou matérias-primas.

### **3.3. Perigos em Segurança Alimentar**

É essencial então identificar a natureza e origem dos perigos, atuando no sentido de os eliminar, ou reduzir a sua presença para níveis aceitáveis, que não comprometam a saúde do consumidor.

Quanto à sua natureza, os perigos podem ser físicos, químicos ou biológicos, e podem surgir nos alimentos em qualquer etapa do seu processamento, por exemplo, nas matérias-primas, sob a forma de pesticidas, medicamentos veterinários, metais pesados e outros, ou na sua transformação industrial, pela contaminação humana por parte dos operadores, pelo aparecimento de objetos estranhos ou pela ocorrência de contaminações com produtos químicos de higienização (Baptista e Venâncio, 2003).

#### ***3.3.1 Perigos Físicos***

São considerados perigos físicos quaisquer corpos estranhos que não estejam naturalmente presentes nos alimentos, com capacidade para causar lesões ou provocar doenças nos consumidores (Aladjadjiyan, 2006).

Podem entrar em contacto com os alimentos durante a colheita das matérias-primas, durante o seu armazenamento ou processamento industrial. Fazem parte desta categoria os contaminantes descritos na Tabela 3.1, referindo-se também a sua origem.

Tabela 3.1: Perigos Físicos e sua origem (Adaptado de Baptista e Venâncio ,2003, e Aladjadjiyan, 2006).

<b>Material</b>	<b>Origem</b>
Vidro	Garrafas, lâmpadas, janelas, utensílios e equipamentos
Madeira/Cartão	Paletes, caixas, material de construção, material de embalagem, utensílios
Pedras	Campo, material de construção
Metal	Equipamentos, arames, operadores
Isolamento/Revestimento	Material de construção
Ossos	Processamento impróprio
Plástico	Material de embalagem, equipamentos
Insetos e vestígios de animais (pelos, penas, conchas, etc.)	Campo, área de produção da fábrica
Objetos pessoais	Operadores e visitantes

Em certos casos, alguns contaminantes de origem física podem ser classificados como matéria estranha indesejável em termos de qualidade alimentar, como é o caso do cabelo, por exemplo, mas que não comportam perigos em termos da saúde do consumidor, devendo na mesma ser evitados.

Impedir o aparecimento de objetos estranhos nos alimentos pode ser, por vezes, uma tarefa complexa, contudo existem estratégias para evitar a sua ocorrência e/ou detetar a sua presença:

- ✓ Inspeção, limpeza e lavagem das matérias-primas antes de utilização (sempre que possível);
- ✓ Filtração de líquidos antes da sua utilização;
- ✓ Utilização de crivos para ingredientes em pó;
- ✓ Proteção de equipamentos onde circulem produtos alimentares crus ou ainda sem embalagem, de contaminações superiores;
- ✓ Instalação de *scanners* e equipamentos de deteção de metais;
- ✓ Em caso de reparação e manutenção de equipamentos, proteção ou remoção dos géneros alimentícios, garantindo que todas as ferramentas usadas são recolhidas após a



intervenção e limpando o equipamento antes do arranque da produção (Aladjadjiyan, 2006).

### ***3.3.2 Perigos Químicos***

A designação de perigos químicos engloba uma série de agentes de origem química diversa capazes de provocar reações nocivas no organismo humano. De entre estas reações, podem distinguir-se dois grupos, Sensibilidades Alimentares e Intoxicações, de acordo com o tipo de agentes químicos envolvidos e efeitos provocados no organismo, e que serão brevemente abordados de seguida.

#### **Sensibilidades Alimentares**

Caracterizadas por reações individuais, ou seja, em indivíduos suscetíveis, a certos componentes naturais dos alimentos, as sensibilidades alimentares podem subdividir-se em:

- ✓ Alergias, quando envolve uma resposta imunitária imediata do organismo a componentes naturais dos alimentos, mediada por anticorpos específicos;
- ✓ Hipersensibilidades tardias, quando a reação inflamatória surge 24 horas ou mais após a ingestão do alimento;
- ✓ Intolerâncias, quando não envolve uma resposta imunológica, sendo o resultado de alterações metabólicas do indivíduo.

As manifestações clínicas das alergias incluem desde sintomas:

- ✓ Cutâneos, como é o caso da urticária ou eczema;
- ✓ Gastrointestinais, como vômitos, diarreia, cólicas e dor abdominal;
- ✓ Respiratórios, onde se incluem a rinite e a asma.

Em casos mais severos a ocorrência de um choque anafilático pode ser fatal (De Meulenaer, 2006).

A causa deste tipo de respostas do organismo são substâncias denominadas alergénios.

Mais de 90 % das alergias alimentares são causadas pelas seguintes classes de alimentos, que incluem todos os seus derivados:

- ✓ Cereais com glúten;
- ✓ Soja;
- ✓ Amendoim;

- ✓ Frutos de casca rija;
- ✓ Mostarda;
- ✓ Aipo;
- ✓ Sementes de sésamo;
- ✓ Tremço;
- ✓ Ovo;
- ✓ Leite;
- ✓ Peixe;
- ✓ Crustáceos;
- ✓ Moluscos;
- ✓ Dióxido de enxofre e sulfitos, em concentrações superiores a 10 mg/kg ou 10 ml/L;

Apesar dos alimentos causadores das diferentes alergias serem bastante heterogêneos, têm em comum o facto de possuírem proteínas alergénicas com afinidade para os anticorpos IgE, e de serem resistentes a tratamentos térmicos e proteólise (De Meulenaer, 2006). Daí a importância da informação da presença de todos os alergénios no rótulo, independentemente do tipo de alimento ou processamento que tenha sofrido. A obrigatoriedade de incluir a informação relativa aos alergénios nos rótulos dos produtos, assim como as informações nutricionais, está veiculada no Regulamento Europeu N° 1169/2011.

A resposta fisiológica à presença de alergénios é geralmente mais rápida, e reage a doses menores do que a evolução dose-resposta clássica da toxicologia, daí a importância de se definirem parâmetros legais de concentrações a partir das quais deverá ser feita a referência no rótulo do produto. Contudo, na legislação referida anteriormente não estão definidos estes parâmetros, e por um lado, a tolerância zero à presença de alergénios não é prática, para além de estar dependente do limite de deteção do método analítico usado.

Neste sentido, surgiu uma iniciativa designada EU-VITAL (*European Voluntary Incidental Trace Allergen Labelling*), com o objetivo de harmonizar a declaração de alergénios, definindo para isso diferentes níveis de ação (Tabela 3.2), que separam as concentrações, para cada alergénio, a partir das quais a sua presença deve ser indicada no rótulo (Tabela 3.3).

Tabela 3.2: Níveis de ação e necessidade de referência na rotulagem (Extraído de EU-VITAL, 2016).

Nível de Ação	Referência no Rótulo	Declaração
1	não necessita	-
2	necessita	"contém vestígios de..."
3	referido como ingrediente	" contém ... (ingrediente)"

Tabela 3.3: Concentração, em mg de substância alergénica/kg de alimento (ppm), correspondente a cada nível de ação para a rotulagem (Adaptado de EU-VITAL, 2016).

Alergénio	Nível de Ação		
	1	2	3
Glúten	< 20	20 - 200	> 200
Soja	< 25	25 - 250	> 250
Amendoim	< 8	8 - 80	> 80
Frutos de casca rija	< 10	10 - 100	> 100
Mostarda	< 20	20 - 200	> 200
Aipo	< 20	20 - 200	> 200
Sementes de Sésamo	< 10	10 - 100	> 100
Tremoço	< 20	20 - 200	> 200
Ovo	< 20	20 - 200	> 200
Leite	< 50	50 - 500	> 500
Peixe	< 100	100 - 1000	> 1000
Crustáceos	< 10	10 - 100	> 100
Moluscos	< 20	20 - 200	> 200
SO <sub>2</sub>	< 10	10 - 100	> 100

### Intoxicações Alimentares

Contrariamente às sensibilidades alimentares, que afetam maioritariamente indivíduos suscetíveis, as intoxicações alimentares são causadas por agentes químicos de origem diversa, e que afetam qualquer indivíduo, estando condicionadas pela dose ingerida (De Meulenaer, 2006).

Podem ser provocadas por agentes químicos das mais diversas origens: aditivos alimentares, medicamentos veterinários, pesticidas, metais pesados, toxinas naturais e ainda contaminantes derivados do processamento (Tabela 3.4).

Tabela 3.4: Fonte e Legislação Aplicável às diversas categorias de perigos químicos.

<b>Perigo Químico</b>	<b>Fonte</b>	<b>Legislação aplicável</b>
Aditivos Alimentares	Processamento industrial	Regulamento (CE) N.º 1333/2008
Medicamentos Veterinários	Alimentos de origem animal	Regulamento (CEE) N.º 2377/90
Pesticidas	Água e alimentos de origem vegetal e animal	Regulamento (CE) N.º 396/2005
Metais Pesados	Água e alimentos de origem vegetal e animal	Regulamento (CE) N.º 1881/2006
Toxinas Naturais	Água e alimentos de origem vegetal e animal	
Outros contaminantes	Água e processamento industrial	

### **3.3.3 Perigos Biológicos**

Este tipo de riscos surge quando há a probabilidade de um agente biológico contaminar os alimentos em qualquer etapa da sua produção de forma direta ou indireta, isto é, através de metabolitos por eles produzidos (Rovira *et al.*, 2006). Englobam bactérias, fungos, vírus, parasitas e toxinas, que estão ubiquamente presentes no ambiente que envolve os alimentos, particularmente o ar, água e solo.

Apesar da vasta utilização de micro-organismos na tecnologia alimentar, em processos como a fermentação de bebidas alcoólicas ou a obtenção de derivados de produtos lácteos (como é o caso do iogurte ou queijo), há que considerar também o efeito nocivo que o desenvolvimento descontrolado de micro-organismos indesejáveis nos alimentos poderá provocar, tanto ao nível da sua deterioração precoce, como das patologias que poderão causar aos consumidores.

Os micro-organismos patogénicos tanto podem estar presentes nas matérias-primas em estado cru, como é o caso, por exemplo, do leite, contaminado com micro-organismos que se desenvolvem nas glândulas mamárias do gado, ou ainda proliferarem na superfície dos alimentos, no caso das frutas, vegetais, e ovos. Outra fonte de contaminação pode ser a manipulação dos alimentos sem cuidados de higiene apropriados, tanto pelos operadores como pelo consumidor final.

Existem diversas metodologias para controlar o desenvolvimento microbiano e eliminar a sua presença, desde a aplicação de processos térmicos e controlo das características dos alimentos e dos processos de fabrico a nível tecnológico, até à implementação de boas práticas de higiene dos manipuladores e equipamentos.

Igualmente, fatores intrínsecos e extrínsecos aos próprios alimentos podem condicionar, positiva ou negativamente, o desenvolvimento microbiano (Baptista e Venâncio, 2003).

Na Tabela 3.5 apresentam-se algumas condições favoráveis para o desenvolvimento de micro-organismos relevantes no contexto alimentar .

Tabela 3.5: Condicionantes ao desenvolvimento de micro-organismos de interesse alimentar, nomeadamente Temperatura mínima e máxima (Tmin e Tmáx), pH, Atividade da água<sup>2</sup> (Aw) e Teor em sal (NaClmáx) (Adaptado de Baptista e Venâncio, 2003)

Micro-organismo	Tmin (°C)	Tmáx (°C)	pHmin	pHmáx	Awmin	NaClmáx (%)
<i>Escherichia coli</i>	7	46	4,4	9	0,95	6,5
<i>Listeria monocytogenes</i>	0	45	4,39	9,4	0,92	10
<i>Salmonella spp.</i>	5	47	4,2	9,5	0,94	8
<i>Shigella spp.</i>	7	47	4,9	9,3	0,97	5,2
<i>Clostridium perfringens</i>	12	50	5,5	9	0,943	7
<i>Vibrio cholerae</i>	10	43	5	10	0,97	6
<i>Clostridium botulinum</i> (tipo A e B proteolítico)	10	50	4,6	8,5	0,93	10

Todos os fatores intrínsecos e extrínsecos aos alimentos referidos anteriormente são determinantes na capacidade de sobrevivência dos micro-organismos, contudo, as patologias associadas aos perigos biológicos apenas ocorrem quando a quantidade de micro-organismos patogénicos presentes é superior à dose infetante, ou quando é ingerida uma quantidade de alimento que ultrapassa o limiar de suscetibilidade do indivíduo, exceto quando a perigosidade do micro-organismo ou toxina é tal que, independentemente da quantidade presente no alimento, o risco que apresenta para os consumidores é elevado (Baptista e Venâncio, 2003).

<sup>2</sup> Aw: medida da água disponível nos alimentos para o desenvolvimento de microorganismos

Feita uma descrição dos diversos tipos de perigos (físicos, químicos e biológicos) que podem ocorrer, assim como a sua natureza tão diversa, é importante referir que o potencial para causar doença é muito variável e a severidade daí decorrente pode ser, segundo Baptista e Venâncio, 2003:

- ✓ Alta – quando a ocorrência dos mesmos provoca efeitos graves na saúde do consumidor, conduzindo a internamento hospitalar e em último caso, à morte;
- ✓ Média – quando as consequências são em menor gravidade, podendo mesmo assim implicar acompanhamento médico;
- ✓ Baixa – quando os alimentos possuem uma grande quantidade de agentes causadores de doença, sem que estes apresentem grande patogenicidade (no caso dos micro-organismos).

# **Capítulo 4**

---

## **Higienização**

#### 4 .Higienização

A implementação de processos de higienização em unidades industriais produtoras de alimentos prende-se primeiramente com a garantia da segurança e qualidade alimentar, imposta pelas entidades reguladoras do setor através de referências normativas e diretrizes que devem ser seguidas com vista à proteção da saúde do consumidor, como é o caso, por exemplo, da gestão da presença de alergénios.

A nível interno, a garantia da inocuidade alimentar reforça a confiança dos consumidores nas marcas detidas pelas empresas, assim como, a nível financeiro, permite uma redução de custos resultantes, por exemplo, da perda de produto como consequência de degradação e contaminação microbiológica.

Uma integração harmoniosa entre a realização das tarefas de higienização e o cumprimento dos planos produtivos pode ser por vezes um desafio, sendo crucial a criação de um plano que permita a coordenação espacial e temporal de ambos, com vista a um aumento da eficiência operacional (Troller, 2012).

No contexto alimentar, a **higienização** consiste num conjunto de “*medidas necessárias para garantir a segurança e salubridade dos géneros alimentícios em todas as fases após a produção primária (na qual se incluem a colheita, o abate e a ordenha), designadamente a preparação, a transformação, o fabrico, a embalagem, a armazenagem, o transporte, a distribuição, o manuseamento ou a venda ou a colocação à disposição do público consumidor*” (Decreto-Lei nº 67/98). As medidas referidas podem agrupar-se em duas categorias gerais, que são a Limpeza e a Desinfecção, e que serão abordadas em mais pormenor de seguida.

Os requisitos relativos aos planos de Limpeza e Desinfecção de instalações e equipamentos destinados à preparação e fabrico de géneros alimentícios estão descritos no Decreto-Lei nº 67/98, que transpõe para a legislação portuguesa a Diretiva nº 93/43/CEE.

O artigo 3º, ponto 3, do Regulamento da Higiene dos Géneros Alimentícios anexo ao referido Decreto-Lei define que, “pela sua disposição relativa e pela sua conceção, construção e dimensões, as instalações alimentares permanentes<sup>3</sup> devem permitir:

- a) Uma limpeza e/ou desinfecção adequadas;

---

<sup>3</sup> Instalações alimentares permanentes são todas as instalações onde sejam preparados, transformados, fabricados, embalados, armazenados, transportados, distribuídos, manuseados ou vendidos os géneros alimentícios com destino ao público consumidor.



- b) A prevenção de acumulação de sujidade e do contacto com materiais tóxicos, a prevenção da queda de partículas nos alimentos e a formação de condensação e de bolores indesejáveis nas superfícies;
- c) As boas práticas de higiene, incluindo a prevenção da contaminação cruzada durante as diversas operações de manuseamento dos géneros alimentícios, dos equipamentos, dos materiais, ingredientes e matérias-primas, da água, dos sistemas de ventilação, do pessoal e de fontes externas de contaminação;
- d) Criar, sempre que necessário (...) condições de temperatura adequadas para o processamento e a armazenagem higiénicos dos produtos”

O artigo 12º refere ainda que “todos os materiais, utensílios e equipamentos que entrem em contacto com os alimentos devem ser mantidos limpos e serem:

- a) Fabricados com materiais adequados e mantidos em boas condições de arrumação e em bom estado de conservação, de modo a reduzir ao mínimo qualquer risco de contaminação dos alimentos, para permitir uma limpeza perfeita e, sempre que necessário (...) a sua desinfeção, exceto quanto aos recipientes e embalagem não recuperáveis;
- b) Instalados de modo a permitir a limpeza adequada da área circundante.”

Apesar da diversidade de contextos em que é aplicado, um processo de higienização engloba as seguintes etapas, que deverão ser realizadas sequencialmente:

- ✓ Enxaguamento Inicial;
- ✓ Limpeza;
- ✓ Enxaguamento Intermédio;
- ✓ Desinfeção;
- ✓ Enxaguamento Final.

A Limpeza e a Desinfeção são então as medidas necessárias para garantir a segurança dos géneros alimentícios, e serão abordadas individualmente de seguida.

## 4.1. Limpeza

O objetivo da limpeza consiste na remoção de todo e qualquer tipo de sujidade depositada em superfícies, equipamentos e utensílios, e ainda o enxaguamento da solução detergente usada no processo. Constitui o primeiro passo de um plano de higienização e vai permitir, para além da remoção de resíduos, uma redução do número de micro-organismos inicialmente presentes, que no entanto não são totalmente eliminados (Gibson *et al.*, 1999; Baptista, 2003).

Para além da necessidade de eliminar sujidade acumulada, é crucial proceder à lavagem das linhas de produção quando ocorrem mudanças de qualidade dos produtos, particularmente no contexto da gestão de alergénios, após paragens de produção prolongadas ou quando se suspeita da formação de incrustações em alguns equipamentos, que poderão comprometer o seu funcionamento. Proveniente maioritariamente de depósitos proteicos resultantes dos tratamentos térmicos, a formação de incrustações no interior de equipamentos, como é o caso dos permutadores de calor, provoca uma diminuição da eficiência da transferência de calor (Fryer *et al.*, 2006).

A forma como é conseguida, assim como os agentes químicos usados, dependem de vários fatores que têm de ser analisados de forma a garantir a máxima eficácia e eficiência da limpeza.

### 4.1.1 Fatores que influenciam a Limpeza

#### ✓ Propriedades da Sujidade

A sujidade que se acumula nas linhas de produção e equipamentos resulta da aglomeração de substâncias bastante heterogêneas, quer seja a nível da sua constituição molecular, viscosidade, tamanho das partículas ou solubilidade, resultando daí alguma variabilidade em termos de facilidade de remoção. A componente orgânica da sujidade é maioritariamente proveniente do produto fabricado, e a componente inorgânica, resulta essencialmente da água utilizada, podendo em alguns casos ser consequência do produto (Troller, 2012).

Daqui resulta a necessidade de fazer uma correta caracterização das propriedades da sujidade para que o detergente escolhido seja o mais apropriado. A escolha incorreta do agente de limpeza pode, inclusivé, dificultar a sua remoção, como é o caso, por exemplo, da utilização de detergentes ácidos na eliminação de resíduos proteicos, que levam à sua precipitação.

Tabela 4.1: Propriedades da sujidade, facilidade de remoção e efeito provocado pelo calor (Adaptado de Troller, 2012).

<b>Tipo de Sujidade</b>	<b>Solubilidade</b>	<b>Facilidade de Remoção</b>	<b>Alterações provocadas pelo calor</b>
Hidratos de Carbono	Solúveis em água	Fácil	Caramelização Dificulta a remoção
Lípidos	Insolúveis em água, solúveis em agentes alcalinos	Difícil	Polimerização Dificulta a remoção
Proteínas	Insolúveis em água, solúveis em agentes alcalinos	Muito difícil	Desnaturação Dificulta muito a remoção
Sais minerais	Solubilidade variável em água, maioritariamente solúveis em ácidos	Variável	Interação com outros componentes Dificulta a remoção

É bastante frequente a presença simultânea de vários destes contaminantes, e a sua não remoção atempada pode dificultar a sua eliminação posterior, devido à formação de bio-filmes. Estes ocorrem quando um pequeno número de micro-organismos, sejam eles bactérias ou fungos, aderem a uma superfície, facilitada pela existência de condições propícias, como é o caso da presença de água, nutrientes e superfícies apropriadas.

Quando o bio-filme é ainda recente, o fluxo de produto pelas superfícies onde ocorrem promove o seu desprendimento, criando problemas de contaminação do produto que será fabricado de seguida. O retardamento da sua eliminação tende a dificultar a eficácia do processo de desinfeção que se segue (Gibson *et al.*, 1999; Troller, 2012).

No caso particular dos **produtos à base de óleos e gorduras**, o ponto de fusão é crítico na facilidade de remoção, sendo indispensável que a primeira etapa da higienização, o enxaguamento, seja realizado a temperaturas elevadas, superiores ao ponto de fusão destes ingredientes.

Para além das características qualitativas da sujidade, é também importante avaliar a quantidade da mesma que permanece nas linhas de produção ou equipamentos após o fim do processo produtivo. Caso seja substancial, será sempre necessário proceder à remoção da maior quantidade dos resíduos na etapa de enxaguamento inicial, facilitando assim a ação dos agentes químicos usados posteriormente.

### ✓ Qualidade da Água

A água usada na indústria alimentar, quer no processo produtivo quer nos processos de limpeza, deve respeitar a legislação relativa à qualidade da água para consumo humano, veiculada no Decreto-Lei 306/2007, de 27 de agosto, tanto a nível químico como microbiológico.

A sua utilização no âmbito da higienização é crucial, tanto para a dissolução dos agentes químicos usados, como para o seu enxaguamento após atuação. No primeiro caso porque a maioria dos produtos utilizados são fornecidos sob a forma de soluções concentradas, que são posteriormente diluídas, de acordo com a concentração recomendada pelo fabricante, para uma certa aplicação.

Algumas propriedades físico-químicas da água podem afetar a eficácia dos detergentes aos quais é adicionada:

- A dureza, expressa pelo teor de espécies iónicas presentes, particularmente cálcio e magnésio, pode comprometer a eficácia da limpeza. Neste contexto, a dureza temporária da água, provocada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, é especialmente relevante, já que em condições particulares de temperatura, pH ou pressão, estes sais podem converter-se em carbonatos de cálcio e magnésio, que são insolúveis em água, precipitando na superfície dos equipamentos, podendo levar à sua obstrução, deposição de sujidade e promoção do desenvolvimento microbiano, tornando-se um potencial foco de contaminação (Baptista, 2003; Watkinson, 2008).
- O pH da água, que pode variar entre 6,5 e 9 (Decreto-Lei nº 306/2007) também pode comprometer a atuação dos detergentes, em caso de águas muito ácidas ou alcalinas, podendo ser necessário adição de substâncias tampão na formulação dos detergentes (Schmidt, 1997).

### ✓ Características das Superfícies

As propriedades das superfícies de contacto com os alimentos condicionam grandemente a eficácia dos processos de limpeza. A madeira, por exemplo, deixou praticamente de ser usada como superfície na indústria alimentar, por acarretar diversos inconvenientes, como é o caso dos perigos físicos resultantes da sua possível desagregação, a rugosidade, que permite a fixação de matéria orgânica, assim como a capacidade absorvente, que a torna um meio propício ao desenvolvimento microbiano (Baptista, 2003).

O material recomendado para a generalidade das indústrias alimentares, e que respeita as normas de *design* higiénico e de construção, como é o caso das normas desenvolvidas pela *3-A Sanitary Standards, Inc.* é o aço inoxidável, cujas especificações variam de acordo com a aplicação.

Para além das características do material, estão também definidas normas quanto ao acabamento e suavidade (*smoothness*) da sua superfície. No caso particular de produtos com elevado teor de gordura, são usadas superfícies menos lisas para facilitar o seu desprendimento.

Para além das propriedades intrínsecas aos materiais, é essencial que estes sejam mantidos em boas condições, tanto de utilização como de conservação, evitando ao máximo fendas, corrosões, perfurações, e outros, que dificultam o processo de limpeza (Schmidt, 1997).

#### ***4.1.2 Agentes de Limpeza***

As condições referidas nos tópicos anteriores vão condicionar a escolha dos detergentes a serem usados para uma determinada aplicação.

Os denominados detergentes são misturas complexas de vários tipos de substâncias, que provocam diferentes alterações nos compostos que constituem a sujidade, e cujas categorias principais de encontram apresentadas de seguida.

##### **✓ Detergentes Ácidos**

A utilização de ácidos no contexto da higienização na indústria alimentar prende-se com a necessidade de eliminação de depósitos minerais que se formam, tanto devido ao tipo de água utilizada no processo, como ao produto em si.

Normalmente resultam de misturas de ácidos orgânicos (acético, cítrico, láctico e glucónico) e inorgânicos (ácidos nítrico, sulfúrico, fosfórico).

Os primeiros são geralmente menos corrosivos e perigosos do que os segundos, já que alguns são também utilizados como aditivos na indústria alimentar. Contudo, podem dificultar o processo de tratamento dos efluentes gerados no processo.

Devido ao seu elevado poder de corrosão e perigosidade, os detergentes à base de ácidos inorgânicos contêm apenas uma pequena percentagem deste princípio ativo, mantendo na mesma o pH apropriado para a atividade desincrustante desejada (Baptista, 2003; Moerman *et al.*, 2014).

##### **✓ Detergentes Alcalinos**

Os detergentes com ingredientes alcalinos são frequentemente usados para remover resíduos de origem orgânica, particularmente lípidos e proteínas. Nesta categoria são incluídos a soda (carbonato de sódio) e a soda cáustica (hidróxido de sódio).

O hidróxido de sódio é o mais frequentemente utilizado na indústria alimentar, particularmente no contexto de alimentos ricos em lípidos, uma vez que permite a saponificação dos mesmos. Para além disso, é eficaz e tem um custo reduzido. A desvantagem associada à utilização destes

detergentes prende-se com o fato de precipitar sais de cálcio e magnésio presentes em águas duras, formando depósitos na superfície dos equipamentos. Contudo, este problema pode ser facilmente eliminado recorrendo a outros tipos de ingredientes que serão referidos de seguida (Baptista, 2003).

Devido à sua perigosidade, são também utilizados de forma diluída durante a higienização.

#### ✓ Surfatantes

Os surfatantes, também designados de tensioativos são, segundo a Sociedade Portuguesa de Química, “*qualquer substância que, uma vez dispersa ou dissolvida num líquido, seja capaz de modificar a tensão interfacial entre esse líquido e o outro meio, pelo facto de as suas moléculas se irem localizar na interface entre os dois meios considerados*”(Gonçalves da Silva, 1991).

Devido à propriedade anfipática das suas moléculas, quando uma solução aquosa contendo um surfatante é colocada em contacto com sujidade à base de óleo, por exemplo, a componente hidrofóbica associa-se a este, reduzindo a tensão superficial entre as duas fases, permitindo à água penetrar no seio da sujidade, removendo-a da superfície. É essencial que não ocorra novamente deposição da sujidade, sendo isto conseguido pela quebra em pequenas partículas que permanecem em suspensão na solução de limpeza (Watkinson, 2008). Este fenómeno encontra-se esquematizado na Figura 4.1.

Dependendo das propriedades dos materiais, da sujidade e da água, pode ser necessária a adição de outros ingredientes aos detergentes, como agentes anti-corrosivos, enzimas e agentes quelantes. Estes últimos, onde se destaca o EDTA (ácido etilenodiamina tetra-acético), previnem ou auxiliam na remoção de complexos metálicos formados pelos iões que conferem dureza à água usada no processamento (Watkinson, 2008).

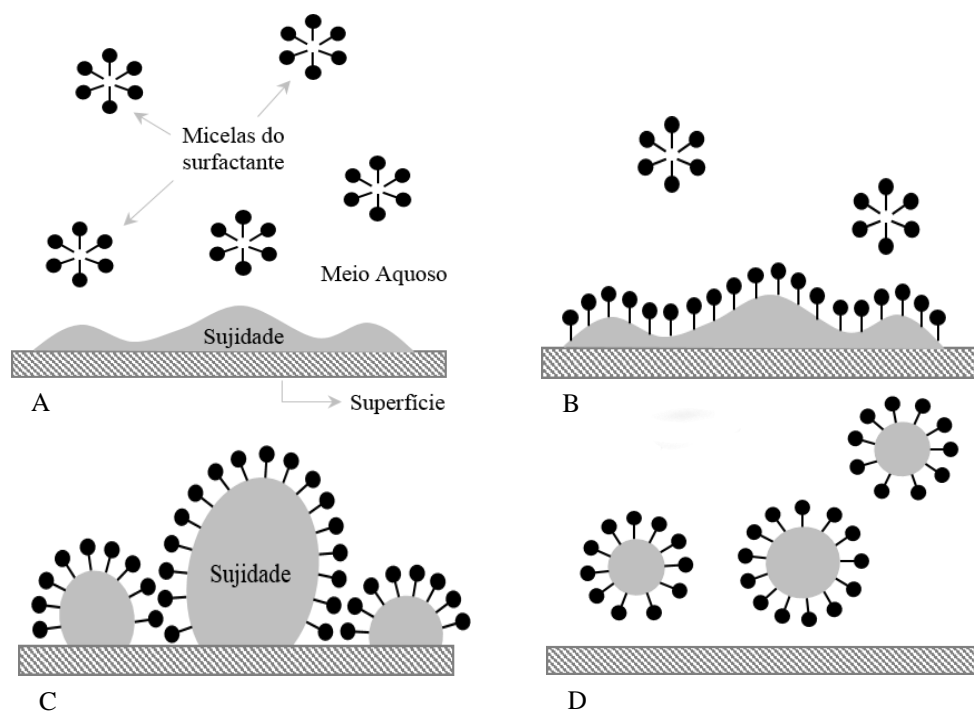


Figura 4.1: Ação dos Surfatantes na remoção da sujidade. A: Adição da solução com surfatante ao meio onde se encontra a sujidade; B: Componente hidrofóbica do surfatante entra em contacto com a superfície da sujidade; C: Superfície da sujidade é removida do meio onde estava depositada e dá-se o início da sua quebra; D: Partículas de sujidade em suspensão no meio aquoso, rodeadas pelas moléculas do surfatante.

## 4.2. Desinfecção

O objetivo da desinfecção é reduzir a carga microbiológica que poderá estar presente nos equipamentos após lavagem para níveis aceitáveis, tanto em termos de micro-organismos que provocam a degradação do produto como de patogénicos que comprometem a saúde do consumidor.

Para que a desinfecção seja eficaz, é crucial que as superfícies estejam desprovidas de sujidade, já que esta pode comprometer a atuação dos desinfetantes (Moerman *et al.*, 2014).

A desinfecção pode ser conseguida por via térmica ou química.

### 4.2.1 Desinfecção Térmica

A desinfecção térmica é conseguida conjugando um binómio de tempo e temperatura apropriado, que é específico para cada tipo de equipamento e pode ser realizada de várias formas, nomeadamente por imersão ou por sistemas de circulação na linha de produção. A garantia de que a temperatura mínima foi atingida no ponto mais frio do sistema é conseguida através de indicadores de temperatura irreversíveis que são colocados nos equipamentos. Apesar de eficaz para uma vasta gama de micro-organismos, de ser facilmente acessível e fácil de aplicar, a

desinfecção térmica implica um elevado consumo energético, para além de ser um processo lento, que implica o aquecimento e arrefecimento da instalação (Schmidt, 1997; Walton, 2008).

#### ***4.2.2 Desinfecção Química***

A desinfecção química tem como premissa principal a utilização de agentes biocidas de natureza diversa (à base de cloro, iodo, peróxido), que eliminam a componente microbiana que poderá estar presente nas linhas de produção. Apesar da grande diversidade, os desinfetantes deverão preferencialmente possuir um espectro de atuação alargado, ação rápida, estabilidade, eficácia à temperatura ambiente, e baixas toxicidade e corrosividade (Schmidt, 1997; Baptista, 2003).

Tal como para os detergentes, existem também fatores comuns à limpeza, que condicionam a eficácia da desinfecção, para além do pH e da presença de matéria orgânica.

No caso particular da utilização de desinfetantes oxidativos deve ter-se em consideração o efeito corrosivo provocado nos equipamentos, que tem vindo a ser colmatado pela utilização de anti-corrosivos na formulação dos mesmos, e a agressividade em contacto com tecidos biológicos (van Asselt e Te Giffel, 2005; Watkinson, 2008)

Um plano de higienização composto por uma etapa de limpeza seguida de desinfecção é recomendado para situações em que a presença de resíduos é tal que poderá comprometer a eficácia da desinfecção de duas formas: o desinfetante poderá reagir com a matéria orgânica presente na sujidade, resultando numa menor disponibilidade para o objetivo específico; a sujidade poderá dificultar o acesso do desinfetante aos micro-organismos, que poderão estar presentes sob a forma de bio-filmes, cuja composição já foi referida anteriormente.

Contudo, em situações em que a acumulação de sujidade é menor, é possível conciliar estas duas etapas, através da utilização, por exemplo, de detergentes a temperaturas que permitem uma desinfecção térmica (Lorenzen, 2005).

#### ***4.3. Clean-In-Place***

O sistema que mais revolucionou a forma de higienizar unidades industriais surgiu na década de 50, e permitiu a aplicação de uma abordagem completamente inovadora e mais eficiente à limpeza e desinfecção de linhas de produção dedicadas ao fabrico de produtos variados, particularmente no estado líquido. O que anteriormente era uma tarefa demorada, complexa e muito trabalhosa, que envolvia o desmantelamento dos equipamentos e higienização manual por parte dos operadores, tornou-se praticamente automática, altamente eficaz e eficiente na utilização dos diversos recursos.



O sistema *Clean-In-Place* (CIP) passou então a permitir uma higienização contínua, em sistema fechado, rápida, consistente e reprodutível, com possibilidade de recuperação dos produtos químicos e água utilizados durante o processo.

Para além dos avanços ao nível dos equipamentos de armazenamento e recirculação, foi crucial a automação do processo que veio a acontecer nas décadas seguintes, com a instalação de sensores, nomeadamente de temperatura, condutividade e caudal, e de controladores lógicos programáveis (Valigra, 2010).

As inúmeras vantagens da aplicação das tecnologias associadas ao sistema CIP encontram-se enumeradas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Vantagens associadas à utilização do sistema CIP para a higienização de linhas de produção dedicadas ao fabrico de géneros alimentícios (Adaptado de Moerman *et al.*, 2014).

Vantagens	Em detalhe
Higienização de uma grande variedade de equipamentos	Tanques, condutas, bombas, válvulas, permutadores de calor, homogeneizadores, etc.
Redução da intervenção humana	Possibilidade de reduzir ou eliminar por completo as ações desempenhadas pelos operadores, dependendo do grau de automação.
Facilidade de automatização	A possibilidade de criação de programas de higienização para equipamentos específicos garante uma consistência e reprodutibilidade que não eram conseguidas com higienização manual.
Melhoria da higienização	Possibilidade de aplicação de temperaturas mais elevadas, detergentes mais fortes e maior turbulência. Maior homogeneidade na distribuição dos agentes químicos e possibilidade de adaptação à quantidade de sujidade presente. Reduz riscos de contaminação posterior.
Rastreabilidade	O registo automático dos parâmetros de todas as higienizações facilita as tarefas de monitorização e validação.
Redução do tempo dedicado à higienização	Por não haver necessidade de desmontar e montar equipamentos durante o processo de higienização, estes podem ser higienizados assim que é removido o seu conteúdo, e podem iniciar a produção assim que termina o CIP.
Redução do impacto ambiental e financeiro	A recuperação parcial de água e soluções de limpeza permite reduzir o consumo de água, de recursos químicos e energéticos, diminuindo também o impacto dos efluentes gerados.
Maior segurança dos operadores	Por ser um sistema fechado, há menor risco de exposição do operador a situações de perigo resultantes das elevadas temperaturas e compostos químicos utilizados.

### 4.3.1 Parâmetros da Limpeza e Desinfecção

Existem 4 pilares essenciais para a remoção eficaz de sujidade da superfície dos equipamentos, que são conhecidos como o Círculo de *Sinner* (Friis e Jensen, 2005) (Figura 4.2), e que são cruciais na implementação de um sistema CIP.

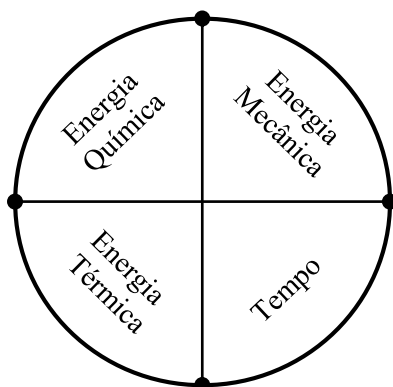


Figura 4.2: Componentes do Círculo de *Sinner*: Energias química, mecânica, térmica e tempo.

#### ✓ Energia Química

Está representada na composição, modo de atuação e concentração dos detergentes usados. Algumas das suas características essenciais assentam, segundo Watkinson (2008), na capacidade de:

- Suspender as substâncias insolúveis e impedir a sua deposição em superfícies limpas;
- Molhar, ao reduzir a tensão superficial e facilitar a penetração nos resíduos;
- Sequestrar catiões metálicos presentes em solução, formando complexos solúveis;
- Enxaguar, sendo totalmente removidos, juntamente com os resíduos, das superfícies.

Para além disso, devem ser facilmente diluídos em água, atuar rapidamente nos resíduos que se pretende remover e não deverão formar espuma.

Qualquer detergente utilizado para uma função específica tem uma concentração ótima de atuação, que geralmente é recomendada pelo fornecedor, acima da qual a taxa de limpeza permanece constante. Concentrações abaixo do valor ótimo comprometem a eficácia da limpeza, e concentrações acima do recomendado acarretam custos desnecessários, para além de poderem permanecer vestígios de detergente nos equipamentos.

É ainda importante que exista uma relação linear entre a concentração e condutividade elétrica do detergente, pois é este último parâmetro que condiciona a recuperação do detergente durante o CIP (Lorenzen, 2005).

#### ✓ Energia Térmica

Está demonstrada cientificamente a relação inversamente proporcional entre o tempo de limpeza e a temperatura da solução usada para tal. Assim, quanto mais elevada for a temperatura da solução de limpeza usada, mais eficiente será esse processo, com exceção em algumas formulações de detergentes.

É particularmente relevante a capacidade do sistema de CIP de manter a temperatura dentro dos parâmetros desejados ao longo do processo, devendo esta ser suficientemente elevada na linha de retorno do CIP para evitar a re-deposição da matéria orgânica neste circuito.

Conhecendo ainda os efeitos provocados pela temperatura na viscosidade de algumas substâncias, é importante definir a temperatura do enxaguamento inicial com base nas propriedades da sujidade, podendo esta, tal como foi referido anteriormente, dificultar a remoção (Lorenzen, 2005; Moerman *et al.*, 2014).

#### ✓ Tempo

De forma geral, quanto mais tempo durar o processo de CIP, melhores serão os resultados em termos de higienização, contudo este fator está limitado pela necessidade de se prosseguir com o processo produtivo em si. Para além disso, após decorrido um certo período de tempo, o aumento da eficiência não é significativo o suficiente para compensar o gasto de recursos que se verifica.

O tempo necessário para o processo pode ser difícil de calcular, podendo variar de poucos minutos a 1 hora, e depende de inúmeros fatores como a estrutura e deposição da sujidade, o tipo de equipamento a higienizar, os detergentes usados e a sua concentração. Deste facto resulta a necessidade de existir um sistema de recirculação que permita o reaproveitamento das soluções e águas de lavagem (Moerman *et al.*, 2014).

#### ✓ Energia Mecânica

A desagregação da sujidade das superfícies é potenciada pela aplicação de energia mecânica sob a forma de um regime de escoamento turbulento da água e soluções de limpeza. Este regime é caracterizado pela existência de trajetórias irregulares e transversais das partículas relativamente à direção principal do fluxo. A existência de fluxo turbulento está dependente da velocidade de circulação do fluido, da viscosidade cinemática do mesmo e do diâmetro da tubagem (Lewis, 2008).

É generalizadamente aceite que a velocidade de circulação dos fluídos de CIP deve ter um valor mínimo de 1,5 m/s para que ocorra uma higienização correta das tubagens e equipamentos. Contudo, em certas situações, como é o caso de tubagens com diâmetros elevados, o caudal

necessário para que se atinjam tais velocidades pode ser por vezes irrealista de se alcançar, e por isso é aceitável a ocorrência de velocidades menores, à custa de um aumento do tempo necessário para o processo (Hasting, 2008).

Resumindo, o Círculo de *Sinner* descreve a limpeza como uma consequência da aplicação de energia química e temperatura, durante um período de tempo suficiente para quebrar as ligações entre a sujidade e a superfície, facilitando a sua remoção pela atuação de uma força mecânica que é o fluxo turbulento (Jensen, 2008).

A elevada interdependência entre estes 4 fatores implica que, caso ocorra uma alteração num dos parâmetros, esta seja compensada pelo reajuste dos restantes, promovendo sempre uma higienização o mais eficaz possível (Friis e Jensen, 2005).

#### ***4.3.2 Design Higiénico de Equipamentos***

Para que seja possível a aplicação dos parâmetros acima descritos, os equipamentos, tanto da instalação de CIP como da produção, devem possuir um *design* higiénico, que garanta simultaneamente uma correta higienização, uma redução do risco de contaminações biológicas, químicas e físicas e ainda proteção dos equipamentos contra a deterioração causada pelos agentes químicos usados, tendencialmente mais corrosivos.

O *design* higiénico dos equipamentos tem sido objeto de estudo de diversas organizações internacionais que se dedicam à criação e normas e recomendações neste sentido, conjugando os interesses tanto dos fornecedores dos equipamentos, utilizadores e entidades reguladoras. Um dos exemplos é a já referida *3A Sanitary Standards Inc.*

As superfícies dos equipamentos podem dividir-se em zonas de contacto e zonas sem contacto com os géneros alimentícios, não podendo estas últimas ser desprezadas, por poderem constituir uma fonte de contaminação ambiental.

A garantia de um *design* higiénico estende-se desde os materiais usados na sua produção, que devem ser não-tóxicos, não-absorventes e resistentes à corrosão, ao seu acabamento, que deve ser polido e sem rugosidades, até à sua construção, que deve garantir a inexistência de fendas ou ranhuras nas superfícies internas dos mesmos, instalação, funcionamento e manutenção (Schmidt, 2012).

Neste sentido serão brevemente apresentadas as características intrínsecas de alguns equipamentos mais relevantes.

### ✓ Válvulas

As válvulas são dispositivos ubiquamente presentes nos sistemas de processamento de alimentos, e permitem a realização de operações como a paragem, direção, e controlo do fluxo de produtos das mais diversas tipologias através das linhas de processamento.

Particularmente no caso dos sistemas CIP, é apropriada a utilização de válvulas *mixproof* (Figura 4.3), que permitem a circulação de dois fluídos diferentes, como é o caso de produto e soluções de CIP, em linhas que comunicam, sem ocorrência de contacto entre os mesmos. Neste tipo de válvulas, qualquer fuga que ocorra é encaminhada para esgoto, sem ocorrer mistura entre os fluídos (Bylund, 1995).

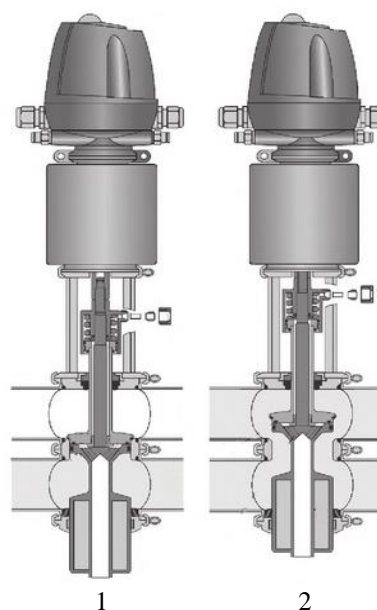


Figura 4.3: Esquemática de uma válvula mixproof, fechada (1) e aberta (2) (Adaptado de Moerman *et al.*, 2014).

### ✓ Bombas

Atualmente, a necessidade de utilização de bombas em sistemas de produção de alimentos é inquestionável, devido à complexidade e variedade de condutas e equipamentos que oferecem diferentes tipos de restrições à circulação do mesmo. A escolha da bomba adequada para uma determinada função depende de fatores como o caudal necessário, as características do produto, particularmente a viscosidade, pressão no sistema, entre outras (Bylund, 1995).

A grande variedade de bombas existentes está associada a uma também elevada variabilidade em termos de capacidade de higienização via CIP. É o caso, por exemplo, de algumas bombas de deslocamento positivo, que afetam negativamente o caudal gerado durante a higienização, sendo necessário, por exemplo, a instalação de uma conduta *bypass* de ligação à bomba (Hasting, 2008).

### ✓ Tanques

Os tanques são utilizados nos mais variados contextos de produção de alimentos, funcionando essencialmente como forma de armazenamento de substâncias no estado líquido e de alimentação de outros equipamentos.

A higienização feita no passado, de forma manual, comprometia a sua eficácia, de modo que a implementação do sistema CIP, particularmente a instalação de dispositivos, estáticos ou rotativos, de ejeção de água, permitiu melhorar consideravelmente a sua eficiência.

Existem várias técnicas de higienização dos equipamentos, que resultam da conjugação de diferentes condições de pressão, caudal e mecanismo de ejeção de água e soluções de limpeza, que devem ser escolhidas de acordo com a facilidade de higienização, e custos associados ao investimento na tecnologia e nos recursos químicos usados (Packman *et al.*, 2008).

A instalação destes equipamentos deve ser feita de forma a minimizar a presença de pontos mortos, que são locais onde há acumulação de produto ou de soluções de higienização, não ocorrendo o seu correto enxaguamento e impedindo que se atinjam os parâmetros referidos anteriormente. Nestes locais, pode não ocorrer velocidade de circulação suficiente para uma remoção eficaz da sujidade, ou pode mesmo nem sequer entrar em contacto com as soluções de higienização. A avaliação da possível presença destes locais é então essencial, para que se encontrem alternativas eficazes.

# **Capítulo 5**

---

## **Metodologia e Materiais**

## 5 .Metodologia e Materiais

Tal como referido nos capítulos anteriores, os processos de limpeza e desinfecção são cruciais para garantir elevados parâmetros de qualidade no produto final.

Neste contexto, o grupo Unilever desenvolveu uma metodologia denominada *Cleaning and Disinfection Validation Master Plan*, que inclui um conjunto de 12 passos sequenciais, pertencentes a várias etapas (Tabela 5.1) que permitem reduzir o risco de contaminação do produto, assim como evitar as consequências daí geradas, como por exemplo, retirada do produto dos posto de venda, conotação negativa da marca e perda de quota de mercado.

Tabela 5.1: Etapas da metodologia correspondentes aos 12 Passos do Plano de Validação da Limpeza e Desinfecção.

<b>Etapas da Metodologia</b>	<b>Passos</b>
Pré- requisitos	1 - 4
Seleção de Parâmetros	5 - 10
Validação	11-12

O plano é validado mediante ações de verificação, validação e monitorização, tais como: necessárias para garantir que o processo é realizado corretamente, sendo eles:

- ✓ Verificação: obtenção de evidências de que os processos de limpeza e desinfecção estão a ser realizados de acordo com a documentação existente;
- ✓ Validação: obtenção de evidências de que o programa de higienização é eficaz;
- ✓ Monitorização: medições de rotina realizadas durante a higienização que funcionam como indicadores de que o processo está sob controlo.

Estas três atividades estão intimamente relacionadas. Uma vez definidos os planos de higienização, deve verificar-se que estes estão a ser realizados de acordo com as especificações. A monitorização realizada de seguida serve de base para o processo de validação, após o qual os protocolos de monitorização deverão ser aceites ou revistos. Caso sejam considerados ineficazes, os processos de higienização deverão ser revistos, melhorados e repetida a validação.

A validação dos processos de higienização deve também ser revista, e alterada se necessário, quando se verificam situações como:

- ✓ Ocorrência de incidentes que comprometem a segurança do produto (evidência da presença de resíduos químicos ou contaminação microbiológica acima dos limites de aceitação definidos, presença de alérgenos);



- ✓ Alterações que poderão comprometer o desempenho das técnicas de higienização, estejam elas relacionadas com o processo, matérias-primas e formulações, equipamentos de CIP (instalações, produtos químicos, etc.), entre outros.

### **5.1 Plano de Validação da Limpeza e Desinfecção**

O referido plano descreve então a metodologia que deve ser seguida, englobando as etapas esquematizadas na Figura 5.1.

Foi realizado um Plano completo de Limpeza e Desinfecção para as linhas 1 e 3 (Figura 2.2).

Tal como foi referido anteriormente, existe alguma variabilidade em termos da conjugação de MPU e diferentes sistemas doseadores. Particularmente no caso da linha 3, foi escolhida para a validação a configuração MPU 1A – Sistema Doseador 500g.

#### **5.1.1 Pré- Requisitos**

- ✓ **Passo 1:** Revisão do Processo de Fabrico

Este primeiro passo consiste na revisão do processo de fabrico para uma linha de produção específica, incluindo, quando necessário, novos equipamentos instalados, devendo a validação ser feita a jusante dos mesmos, exceto quando não impliquem alterações na natureza do produto, no nível expectável de contaminantes ou na *performance* da limpeza.

Implicou a obtenção de documentos contendo o *layout* das linhas de produção, denominados *P&ID*<sup>4</sup> e confirmação no campo dos equipamentos e circuitos nele representados, nomeadamente:

- Equipamentos principais do processo: MPU, permutador de calor, tanques, sistemas doseadores, *rework melter*;
- Válvulas do processo, de CIP e mistas;
- Bombas;
- Purgas para separação;
- Transmissores de pressão e temperatura;
- Drenagens para esgoto;
- Diâmetro interno das tubagens;

---

<sup>4</sup>*Process and Instrumentation Diagram*

No caso deste último ponto, utilizaram-se amostras das tubagens existentes na fábrica, previamente identificadas com o diâmetro interno, obtidas junto da equipa de manutenção, como termo de comparação para as que estão instaladas nas linhas de produção.

Neste documento assinalaram-se as vias principais de circulação do produto, assim como as alternativas, como é o caso, por exemplo, de *by-pass* a algum equipamento, sistema de retorno da margarina, as ligações entre um MPU e mais do que um sistema doseador, entre outras.

Os esquemas que constituem o *P&ID* foram realizados na ferramenta *Publisher* do *Microsoft Office*, e impressos em formato A3, devido à sua complexidade.

Fez-se ainda uma revisão das operações unitárias que poderiam dificultar o processo de higienização e analisaram-se os parâmetros do processo que poderiam variar entre produtos diferentes produzidos na mesma linha.

#### ✓ **Passo 2:** Verificação do Processo de Fabrico

Consistiu na obtenção de evidências de que os processos estavam a ser realizados de acordo com o que está definido nas instruções de trabalho específicas, que os equipamentos (nomeadamente válvulas e bombas, por exemplo) e instrumentos de monitorização estavam a funcionar como é suposto, e que os parâmetros do processo estão a ser cumpridos.

Neste sentido, foram analisadas as instruções de trabalho relativas ao fabrico de produtos pertencentes à linha em validação, assim como os ecrãs de controlo das linhas de produção, onde os parâmetros aplicados são visíveis a qualquer momento, verificando se as ações praticadas correspondem à documentação existente.

#### ✓ **Passo 3:** Revisão do Plano de Limpeza e Desinfecção

A revisão das tarefas de limpeza e desinfecção incluiu o acompanhamento das limpezas manuais e semiautomáticas de equipamentos específicos.

Para a higienização via CIP das linhas de produção, recolheu-se ainda informação acerca do sistema, nomeadamente:

- *P&ID* da central de CIP;
- Circuitos CIP;
- Sequência das etapas da higienização;

- Parâmetros relevantes: agentes químicos e concentrações, tempo de contato, caudal, temperatura e condutividade elétrica;
- Acompanhamento do CIP na linha de produção.

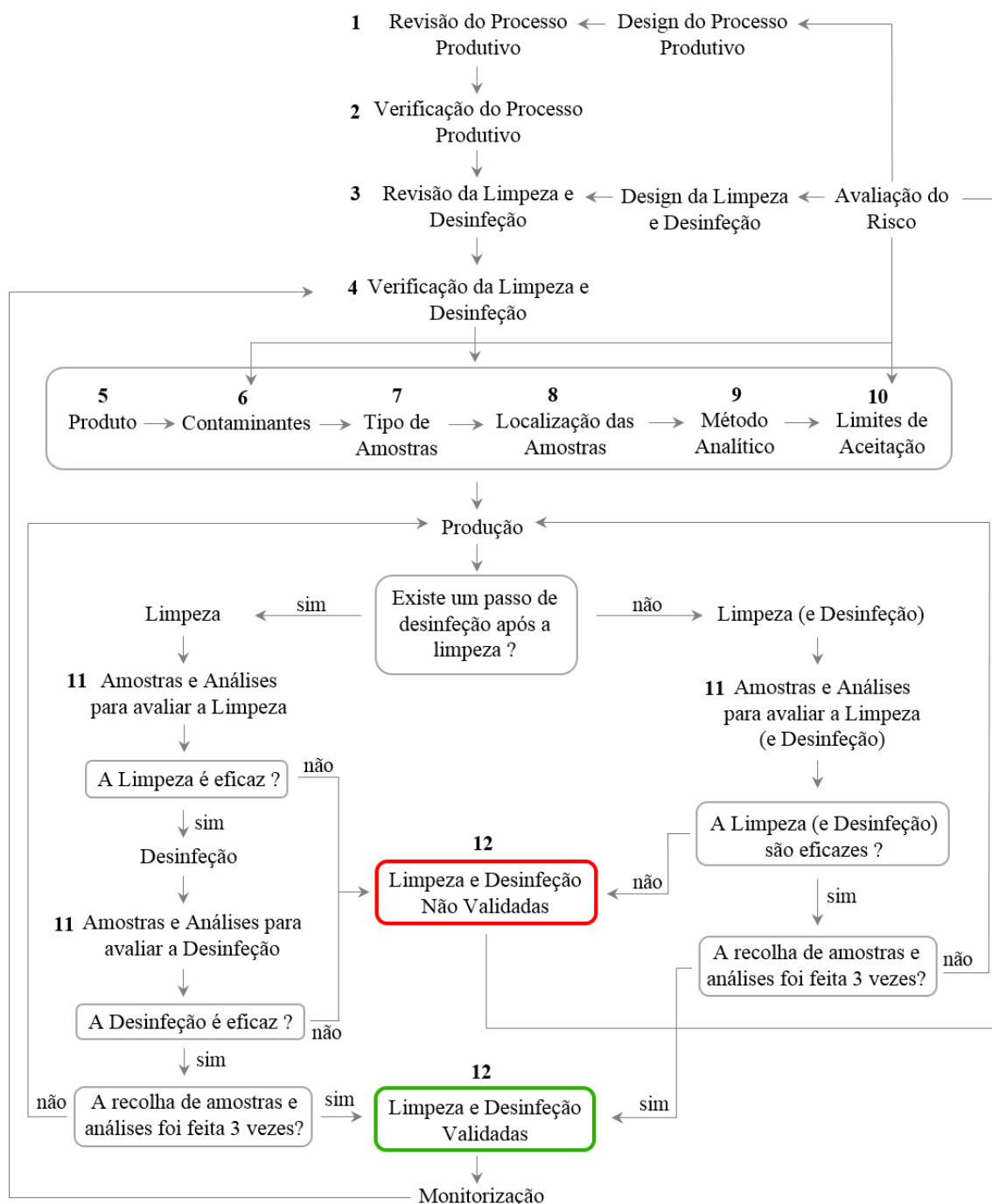


Figura 5.1: Esquema representativo da metodologia aplicada na validação do processo de higienização. A numeração corresponde à etapa do Plano de Validação da Limpeza e Desinfecção.

✓ **Passo 4:** Verificação do Plano de Limpeza e Desinfecção

Após a recolha da informação acerca do plano de higienização, é necessário confirmar se os procedimentos estão a ser devidamente realizados, particularmente no que toca às limpezas manuais e semiautomáticas.

Foram seguidas as higienizações manuais de peças, particularmente de boquilhas de enchimento, e limpezas semiautomáticas de permutadores de calor utilizando, sempre que possível, tiras de pH para confirmar o correto enxaguamento das soluções de limpeza.

Foi necessário ainda verificar se os equipamentos (nomeadamente as válvulas) e instrumentos de monitorização estavam a funcionar como é suposto, e se os parâmetros da higienização estavam a ser cumpridos, através da visualização nos ecrãs dedicados ao CIP e de controlo das linhas de produção. Verificou-se ainda os circuitos abertos durante do CIP, comparando-os com os circuitos abertos durante a produção, para deteção de possíveis pontos mortos de higienização.

Foram acompanhados vários processos de higienização via CIP e recolhidos dados relativos aos seguintes parâmetros:

- Concentração e temperatura dos tanques da central de CIP;
- Condutividade elétrica, caudal e temperatura, em intervalos de tempo regulares, na linha de retorno.

Para confirmar as concentrações das soluções de limpeza, procedeu-se à recolha de amostras, tanto nos tanques de armazenamento, como durante a higienização, diretamente nas linhas, utilizando equipamento de proteção individual, nomeadamente luvas e óculos.

Posteriormente foi determinada em laboratório a concentração dos diferentes tipos de soluções:

- Detergente (determinação do teor de hidróxido de sódio (NaOH), segundo um protocolo existente no laboratório físico-químico da FIMA)

Reagentes, Material e Equipamento: Amostra de Detergente, Solução padrão de Ácido Clorídrico (HCl) 0,5N, Solução de Fenolftaleína 1%; Água Destilada; 1 Balança, 1 *Erlenmeyer* 250ml, 1 Pipeta *Pasteur*, 1 Pipeta Volumétrica de 30 ml, 1 Bureta, Suporte de titulação, Pompete e Copos de vidro; *Hotte*.

Metodologia: Num *erlenmeyer* de 250ml, pesar 1g ( $\pm 0,1$ g) da amostra e adicionar 30 ml de água destilada. Adicionar 2 a 3 gotas de Fenolftaleína 1%. Na *hotte*, titular com o Ácido Clorídrico 0,5N até ponto de viragem incolor e registar o volume gasto.

Cálculo:  $NaOH\% = \frac{40 \times N \times V \times 100}{P \times 1000}$

40 – peso molecular de NaOH;

N – normalidade do HCl;

V – volume (ml) de HCl gasto;

P – peso (g) da amostra.

- Desinfetante (determinação da concentração segundo o protocolo obtido junto do fornecedor)

Reagentes e Materiais: Amostra de Desinfetante, Solução padrão de Ácido Clorídrico 0,1N, Solução padrão de Tiosulfato de Sódio 0,1N, Solução de Fenolftaleína 1%; 1 *Erlenmeyer* 250ml, 2 Pipetas Volumétricas 10ml, Bureta, Suporte de titulação, Pompete e Copos de vidro; *Hotte*.

Metodologia: Num *erlenmeyer*, adicionar 10 ml de Tiosulfato de Sódio 0,1N a 10 ml da amostra de desinfetante, misturar bem e deixar repousar por 30 segundos. Adicionar 2 a 3 gotas de Fenolftaleína 1%. Na *hotte*, titular com o Ácido Clorídrico 0,1N até ponto de viragem incolor e registrar o volume gasto.

Cálculo: %v/v Desinfetante = Volume gasto de solução titulante (ml) x 0,30

- Determinação da condutividade das soluções de higienização

Reagentes e Materiais: Solução de Detergente e Desinfetante; Água Destilada, Condutivímetro portátil;

Metodologia: Homogeneizar a amostra e mergulhar o sensor de condutividade na mesma. Esperar que a leitura estabilize e registrar o valor obtido. Enxaguar o sensor com água destilada para remover resíduos da solução analisada.

### ***5.1.2 Seleção de Parâmetros***

#### **✓ Passo 5: Seleção do Produto**

Nesta fase analisou-se a lista de formulações dos produtos, avaliando as suas propriedades no sentido de identificar um produto ou família de produtos cuja composição e/ou estrutura dificultem o processo de remoção, e que sejam representativos da presença de contaminantes. Identificou-se também as situações em que é crucial a ausência de certas substâncias que, não sendo contaminantes, são um parâmetro de qualidade, nomeadamente o sal e o sorbato de potássio.

Isto porque o comportamento do produto durante a remoção está dependente de fatores como a sua composição e estrutura e ainda de parâmetros do processo.

✓ **Passo 6:** Identificação dos Contaminantes Relevantes

Com base no tipo de limpeza efetuada em cada linha, identificaram-se os contaminantes mais relevantes que poderão afetar a qualidade e segurança durante o arranque de produção após higienização e em que etapas são mais frequentemente encontrados. Estes inserem-se nas seguintes categorias:

- Resíduos do produto;
- Micro-organismos;
- Contaminantes químicos;
- Corpos estranhos;
- Alergénios.

✓ **Passo 7:** Seleção do Tipo de Amostras

Selecionou-se, para cada tipo de contaminante e equipamento, o tipo de amostras mais indicadas, e que consistiram em:

- Água de enxaguamento, recolhidas usando recipientes estéreis apropriados para o efeito, que só foram abertos imediatamente antes da recolha, para determinação da presença de micro-organismos, alergénios e vestígios de produtos da higienização;
- Superfícies, recorrendo a zaragatoas específicas para cada análise;
- Produto final, para determinação da componente microbiológica e presença de alergénios.

✓ **Passo 8:** Seleção da Localização das Amostras

Após determinação do tipo de amostras a reunir, foi necessário definir o local onde as mesmas seriam recolhidas:

- Águas de enxaguamento: são normalmente recolhidas em locais que permitem a sua drenagem da linha de produção/equipamento, nomeadamente purgas controladas por válvulas manuais ou automáticas, ou nas linhas de retorno do sistema de CIP. Neste último caso, a água pode ser analisada diretamente na linha, através de instrumentos de monitorização como é o caso dos condutivímetros, por exemplo;
- Superfícies: devem ser localizações representativas do equipamento, assim como das piores localizações em termos de contaminação. Estas foram escolhidas com base: na

natureza das incrustações que poderão surgir em locais específicos dos equipamentos; no *design* higiénico dos mesmos, nomeadamente devido à existência de pontos mortos de limpeza; nas condições de higienização, em particular casos em que dificilmente são atingidos os parâmetros ótimos;

- Produto: a recolha deve ser feita aquando do arranque da produção na linha, nos primeiros pacotes produzidos.

#### ✓ **Passo 9:** Seleção do Método Analítico

A escolha do método analítico apropriado permitiu detetar a presença, e por vezes quantificar, os contaminantes relevantes numa determinada situação, podendo ser realizada mais do que uma análise para cada contaminante.

Os métodos analíticos selecionados foram os seguintes:

- Inspeção sensorial: permite determinar (e não quantificar) a eficácia da higienização, detetando resíduos de produto, agentes químicos, corpos estranhos ou depósitos minerais através da observação visual, odor ou tato, tanto em águas de enxaguamento como superfícies;
- Análise Microbiológica: consiste na incubação de amostras, que podem ser de águas de enxaguamento, zaragatoas de superfícies ou produto final, em placas com meios nutritivos e seletivos para cada tipo de micro-organismo, durante 2 a 4 dias, a uma temperatura que propícia o seu desenvolvimento. Após a incubação, o resultado foi obtido pela técnica de contagem de placas, que implica a contagem de unidades formadoras de colónias por grama (u.f.c/g), mililitro (u.f.c/ml) ou cm<sup>3</sup> (u.f.c/100 cm<sup>3</sup>, no caso de zaragatoas) de amostra. Foi feita a pesquisa de micro-organismos a 37 °C e enterobactérias. Estas análises foram realizadas pela equipa do laboratório de microbiologia da FIMA;
- pH: apesar de não estar diretamente correlacionado com a concentração das soluções de limpeza, valores consideravelmente baixos ou elevados podem indicar resíduos de detergentes ácidos ou alcalinos usados na higienização. A análise foi feita usando potenciómetros de bancada e *kits* de tiras indicadoras de pH;
- Condutividade: é usada para aferir a concentração dos agentes de limpeza. É usada tanto para avaliar a concentração inicial dos detergentes como a eficácia do seu enxaguamento, através de condutivímetros existentes na linha de retorno do CIP e de sensores portáteis;

- Proteína Total: foi determinada realizando zaragatoas a superfícies, e cujo resultado é obtido rapidamente. É indicadora de resíduos orgânicos (que frequentemente contêm proteína), e também de resíduos alergénicos, apesar de neste caso, ser inespecífico;
- *ELISA*<sup>5</sup>: permite deteção de alergénios específicos. Apesar de poder ser realizada em laboratórios externos reconhecidos pela Unilever, no contexto diário da fábrica foram usados *kits* rápidos de deteção de alergénios, neste caso particular com especificidade para a proteína do leite, com um limite de deteção de 5 a 10 ppm.

✓ **Passo 10:** Determinação dos Limites de Aceitação

Os limites de aceitação referem-se aos critérios que permitem determinar se a linha de produção ou equipamento se encontra suficientemente higienizado para reduzir o risco de contaminação dos produtos fabricados. Devem ser seguidos alguns critérios para a determinação destes limites, nomeadamente, se são alcançáveis, verificáveis e fiáveis.

Os limites de aceitação não são padronizados, e dependem de:

- Natureza do produto;
- Tipo de contaminante;
- Método analítico;
- Histórico de informações da fábrica.

### 5.1.3 Validação

✓ **Passo 11:** Recolha de Amostras e Análises

Uma vez que os processos de Limpeza e Desinfecção são realizados separadamente, é necessário validar primeiro a limpeza, e depois a desinfecção, já que a segunda não é eficaz quando existem resíduos na linha de produção.

- A validação da Limpeza deve focar-se na eliminação de resíduos de produtos, alergénios, produtos químicos e matéria estranha;
- A validação da Desinfecção deve restringir-se à redução da carga microbiana para níveis aceitáveis. Neste caso, a recolha das amostras não deve provocar nova contaminação da

---

<sup>5</sup> *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay* – Ensaio de imunoabsorção enzimática.



linha, e caso tal ocorra, esta deve ser novamente desinfetada antes do arranque da produção.

A recolha dos diferentes tipos de amostras nas localizações especificadas anteriormente foi realizada de acordo a metodologia descrita nos passos 6 a 9. Todas as análises necessárias foram efetuadas nas instalações laboratoriais da FIMA.

A recolha das amostras e análises devem ser repetidas pelo menos três vezes para verificar a consistência do desempenho dos processos de higienização implementados.

#### ✓ **Passo 12:** Avaliação dos Resultados

Tendo sido obtidos os resultados das diferentes análises feitas às várias amostras, é necessário aprovar ou rejeitar os processos de Limpeza e Desinfecção implementados, de acordo com os seguintes critérios:

- **Aprovação**

Os processos são considerados bem-sucedidos quando todas as amostras revelam um nível de contaminação inferior aos níveis aceitáveis, de acordo com os limites pré-definidos para cada método analítico.

Se três repetições do processo forem bem-sucedidas, o método é considerado validado.

- **Rejeição**

Se algumas das amostras revelarem contaminação acima dos limites aceitáveis, o método de higienização implementado deve ser rejeitado. Primeiro é necessário confirmar se o processo de validação foi desempenhado de acordo com o protocolo, e em caso afirmativo, a falha terá sido causada pelo programa de limpeza e desinfecção em si.

Devem ser definidas medidas corretivas, inicialmente focadas no melhoramento da performance do programa de higienização, e numa fase posterior, caso se considere necessário, tomar medidas ao nível do *design* na instalação ou da formulação dos produtos.

Caso se detete contaminação, o programa de higienização deverá ser repetido antes do arranque da produção. Contudo, muitas vezes não é possível, uma vez que os resultados microbiológicos, por exemplo, só estão disponíveis 48 horas após a submissão da amostra, podendo inclusive a produção já ter começado. Quando tal ocorre podem tomar-se medidas como:

- Paragem imediata da produção seguida de nova higienização;

- Quarentena dos lotes com suspeita de contaminação, até existir mais informação acerca de novas amostras recolhidas;
- Destruição dos lotes produzidos.

# **Capítulo 6**

---

## **Resultados: Apresentação e Discussão**

## 6 .Resultados: Apresentação e Discussão

### 6.1 Passo 1: Revisão do Processo de Fabrico

Em ambas as linhas em que foi desenvolvido o Plano de Validação da Limpeza e Desinfecção, verificou-se que os *P&ID* não estavam devidamente atualizados, estando em falta alguns equipamentos e instrumentos de controlo do processo, por terem sido instalados recentemente. Por isso procedeu-se à sua inclusão no referido documento.

Durante o período de permanência na empresa, foram acompanhadas as melhorias implementadas nas linhas em questão, tendo sido estas também incluídas na versão final do *P&ID*.

Nas Figura 6.1 e Figura 6.2 estão representados os *layouts* dos equipamentos e instrumentos de controlo do processo das linhas 1 e 3, respetivamente.

Quanto às operações unitárias que poderão comprometer a higienização, identificou-se uma em particular, a pasteurização da emulsão na linha. Devido às temperaturas necessárias para o efeito ( $\sim 72^{\circ}\text{C}$ ), seria de esperar a formação de incrustações nas placas que constituem o permutador.

Durante uma ação de manutenção, a abertura e inspeção visual de um permutador de placas revelou a presença heterogeneamente distribuída de depósitos com propriedades diferentes. Nas placas iniciais do permutador, existiam depósitos esbranquiçados resultantes da desnaturação proteica resultante do aquecimento, e quanto mais a jusante, mas rígidos e acastanhados se tornaram as incrustações, dificultando muito mais a sua remoção. A Figura 6.3 ilustra o fenómeno descrito. Devido à natureza proteica dos resíduos, estes podem vir a constituir um substrato favorável ao desenvolvimento microbiano, em momentos de paragem de produção.

Nas primeiras higienizações acompanhadas nesta linha, não se verificaram resíduos deste tipo nas amostras recolhidas durante o CIP, indicando por isso uma falsa eficácia de higienização. Devido à elevada aderência das proteínas desnaturadas, o fluxo de água e agentes de limpeza não foram eficazes na eliminação dos depósitos, sendo crucial a sua inspeção frequente para despiste destas situações.

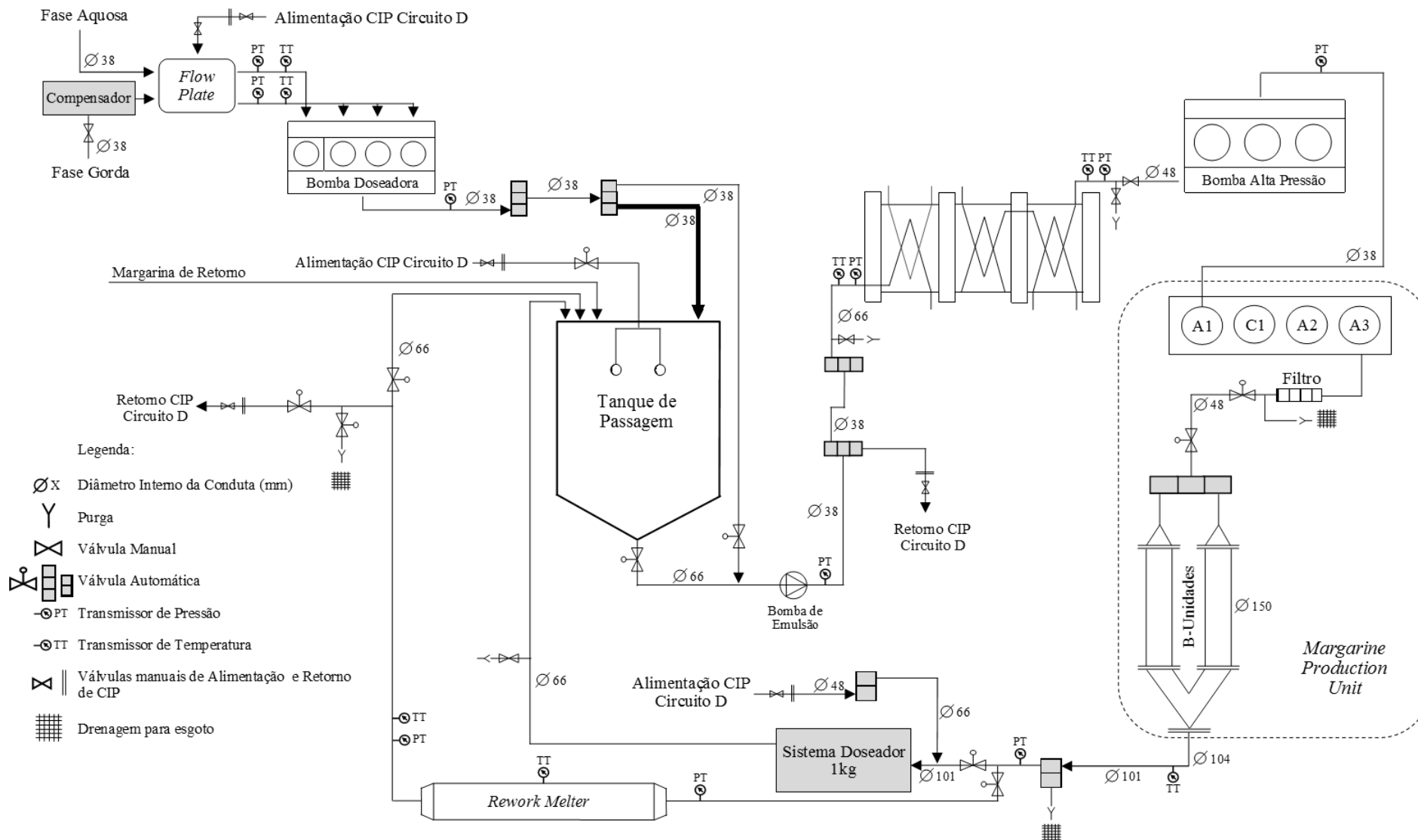


Figura 6.1: Process and Instrumentation Diagram simplificado da Linha 1.

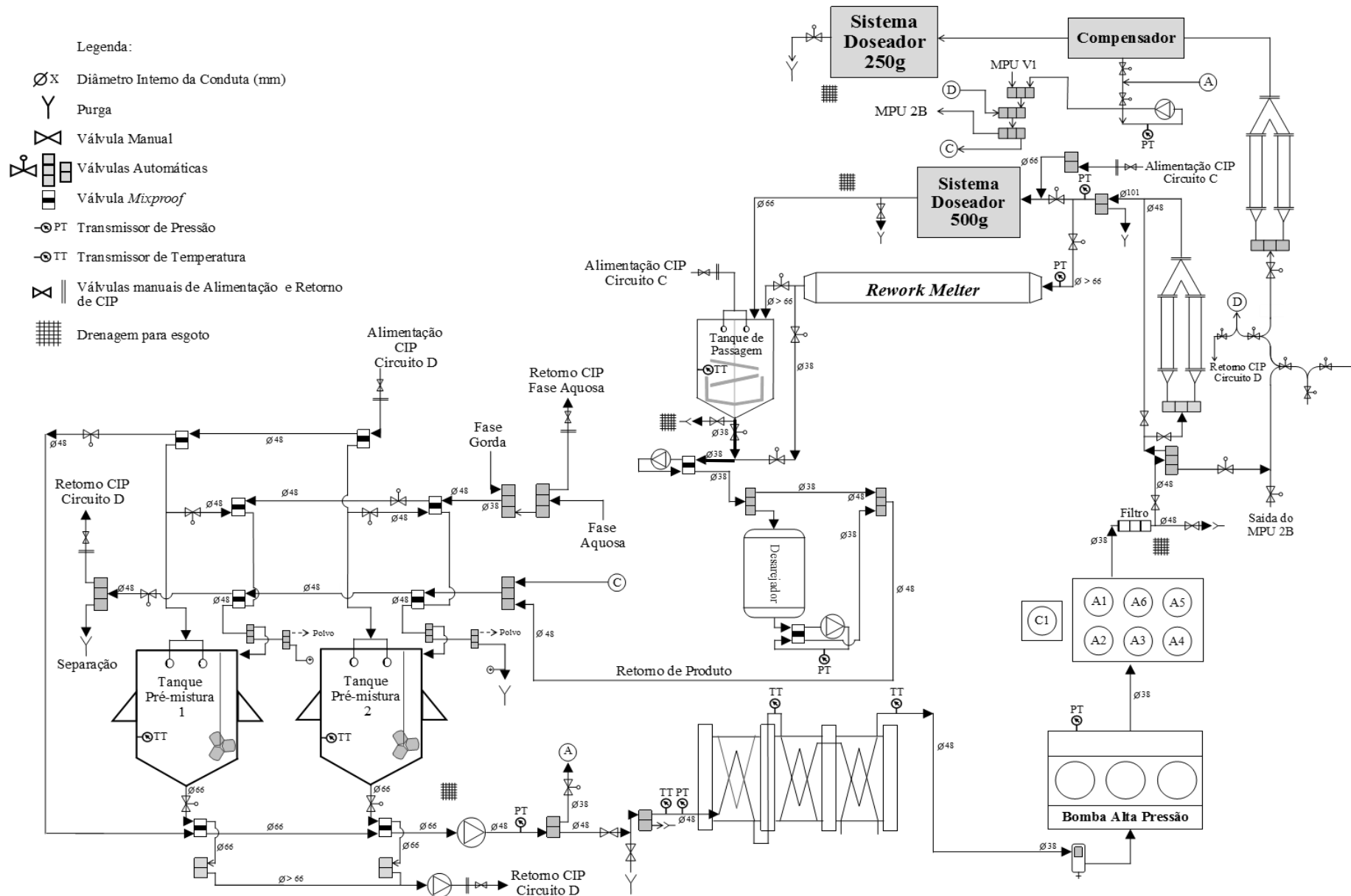


Figura 6.2: Process and Instrumentation Diagram simplificado da Linha 3.

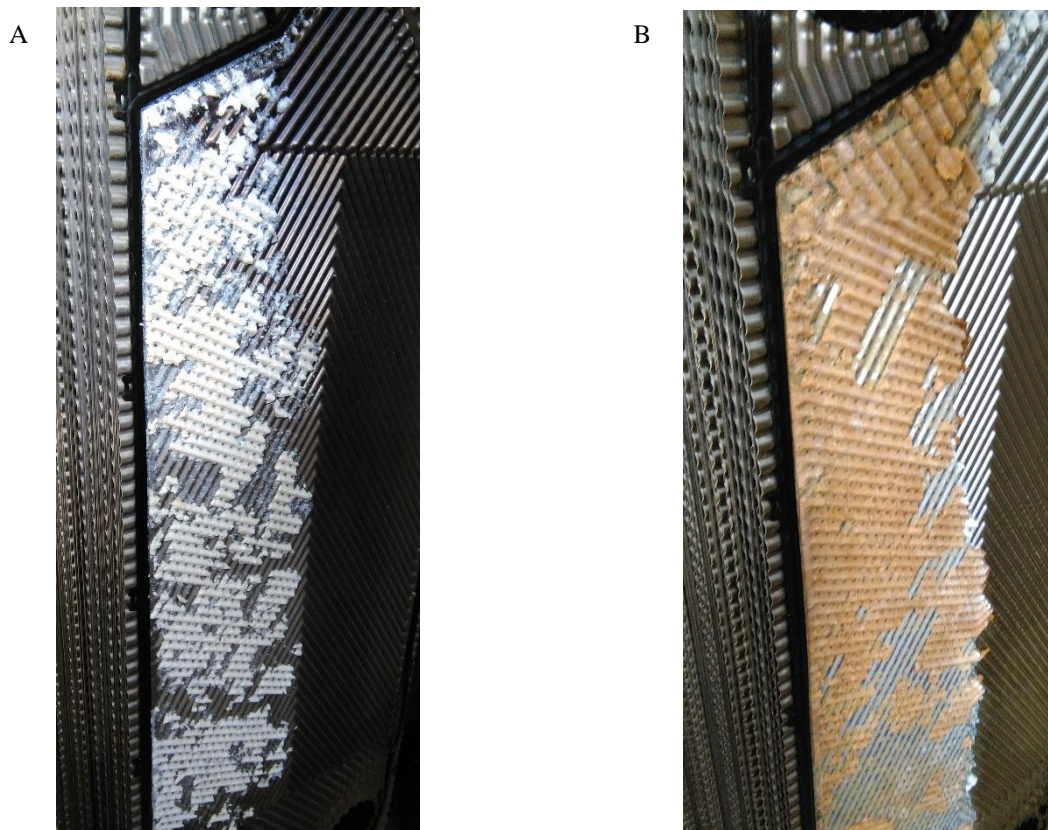


Figura 6.3: A - Depósitos esbranquiçados nas placas iniciais do permutador de calor. B – Depósitos acastanhados e ressequidos nas placas finais do permutador de calor.

Fez-se então um levantamento dos parâmetros do processo em cada uma das linhas de produção:

✓ Linha 1

- Pontos da Bomba Doseadora – regulam o doseamento da fase gorda e fase aquosa na linha, de acordo com a humidade desejada para cada produto;
- Temperaturas de aquecimento e arrefecimento do permutador de calor;
- Velocidade da Bomba de Alta Pressão;
- Temperaturas do Amoníaco e do Produto nas diversas unidades do MPU;
- Tempo de repouso na B-unidade;
- Número de pacotes produzidos por minuto.

Verificou-se ainda que os valores dos parâmetros referidos anteriormente eram semelhantes para os vários produtos produzidos nesta linha, não existindo por isso uma produção que representasse um caso mais difícil de higienizar do que os restantes.

### ✓ Linha 3

Inicialmente esta linha estava dedicada à realização de testes de novos produtos, e só recentemente iniciou uma produção mais regular, apenas de um produto específico. Os parâmetros referidos anteriormente<sup>6</sup>, ainda estão a ser otimizados, daí também não existir um produto com particularidades específicas quanto ao processo de higienização.

## **6.2 Passo 2: Verificação do Processo de Fabrico**

Através das instruções de trabalho, foi possível confirmar que, numa determinada produção, os parâmetros referidos anteriormente estavam de acordo com o que está definido no processo de fabrico. Verificou-se que os valores parametrizados não são completamente estáticos, e que podem sofrer variações de acordo com as propriedades que o produto apresenta no fim da linha (e que dependem do óleo usado na emulsão e do sistema de frio). Estas alterações são feitas geralmente em conjunto entre o operador responsável pela linha e o engenheiro de processo.

A observação, tanto dos ecrãs de controlo das linhas de produção como das instalações em si, revelou, particularmente no caso das válvulas, que estas funcionam corretamente, criando os circuitos desejáveis de circulação do produto. O sistema de válvulas automáticas instalado na fábrica possui uma sinalização de alarme que surge no ecrã de controlo quando há algum defeito no funcionamento das mesmas, permitindo que se atue localmente no sentido de reparar o falha detetada. Nos locais onde existem válvulas manuais, a confirmação é feita de forma mais minuciosa pelo operador.

Nesta etapa seria conveniente ter-se consultado os registos de manutenção e calibração dos equipamentos e instrumentação, mas tal não foi possível. Apesar disso, testemunhou-se a manutenção frequente realizada por equipas especializadas a diversos tipos de equipamento, essencialmente a nível reativo (como resposta a problemas detetados pelos operadores durante o decurso normal de produção), mas também pró-ativo.

## **6.3 Passo 3: Revisão do Plano de Limpeza e Desinfecção**

Apesar de maioritariamente automatizada, a higienização de algumas peças e equipamentos é ainda feita de forma manual ou semiautomática e o acompanhamento das mesmas permitiu a

---

<sup>6</sup> Exceto o primeiro. A linha 3 não possui bomba doseadora, mas sim tanques de pré-emulsão, como é visível na Figura 6.2.



introdução de instruções de trabalho que ainda não existiam relativamente a esta questão, e que se apresentam sumarizadas de seguida.

#### ✓ Higienização Manual

É realizada essencialmente no início do CIP às peças de menores dimensões. Pode ser feita por imersão, no caso de boquilhas de enchimento, em soluções de limpeza recolhidas durante o CIP, em recipientes apropriados. Para outras peças de menores dimensões, usam-se suportes perfurados que permitem também um enxaguamento eficaz. Caso as peças sejam montadas de seguida para arrancar a produção, deve usar-se água quente, detergente, água corrente, desinfetante e novamente água. Caso contrário, poderão não sofrer o último enxaguamento. A confirmação de que não são deixados resíduos químicos é feita pela utilização de tiras indicadoras de pH.

#### ✓ Higienização Semiautomática

É realizada no contexto da limpeza de permutadores de calor, onde é necessário proceder a uma limpeza ácida antes de iniciar o CIP.

A preparação para a limpeza consiste na montagem de alguns equipamentos que irão auxiliar no processo, nomeadamente: carro-tanque, tubagens flexíveis e uma bomba para permitir a recirculação dos agentes de limpeza, segundo o esquema presente na Figura 6.4.

O primeiro passo consiste na remoção do material presente dentro do permutador através do desengorduramento usando água quente, sendo que este material não é recuperado. Segue-se a adição de detergente ao carro-tanque e é feita a recirculação durante 20 minutos, período após o qual o sistema é arrefecido com circulação de água até atingir cerca de 30°C.

De seguida é colocada novamente água fria no carro-tanque, à qual é adicionado o detergente ácido, que vai ficar em recirculação durante 20 minutos. Caso a linha de produção vá sofrer CIP de seguida, o processo fica por aqui. Caso contrário, faz-se a desinfecção do permutador, seguida de enxaguamento.

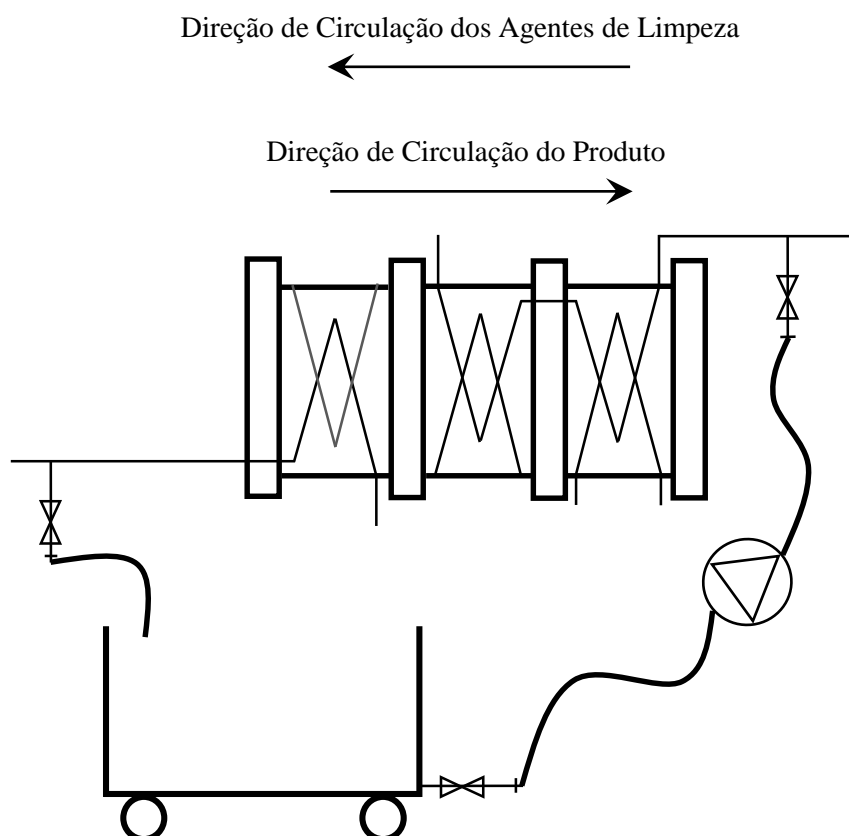


Figura 6.4: Esquemática da instalação necessária para a limpeza semiautomática de permutadores de calor.

#### ✓ Central de CIP

Os equipamentos que constituem a central de CIP, localizados no exterior da Margarinaria, são essencialmente tanques de armazenamento e recirculação de soluções, bombas e válvulas, assim como todos os instrumentos de controlo do processo (sensores de temperatura, condutividade, caudal). Estes estão representados na Figura 6.5.

A necessidade de existirem dois tanques com soluções detergentes prende-se com o facto de alimentarem dois sistemas com conteúdos diferentes a nível de gordura: a Sala de Leite e o *Hall* de Produção. Quando se dá o aproveitamento de detergente durante a recirculação (processo descrito de seguida) ao longo do CIP, e caso existisse um único tanque, poderia ocorrer contaminação dos equipamentos da Sala de Leite com emulsão, o que não seria desejável.

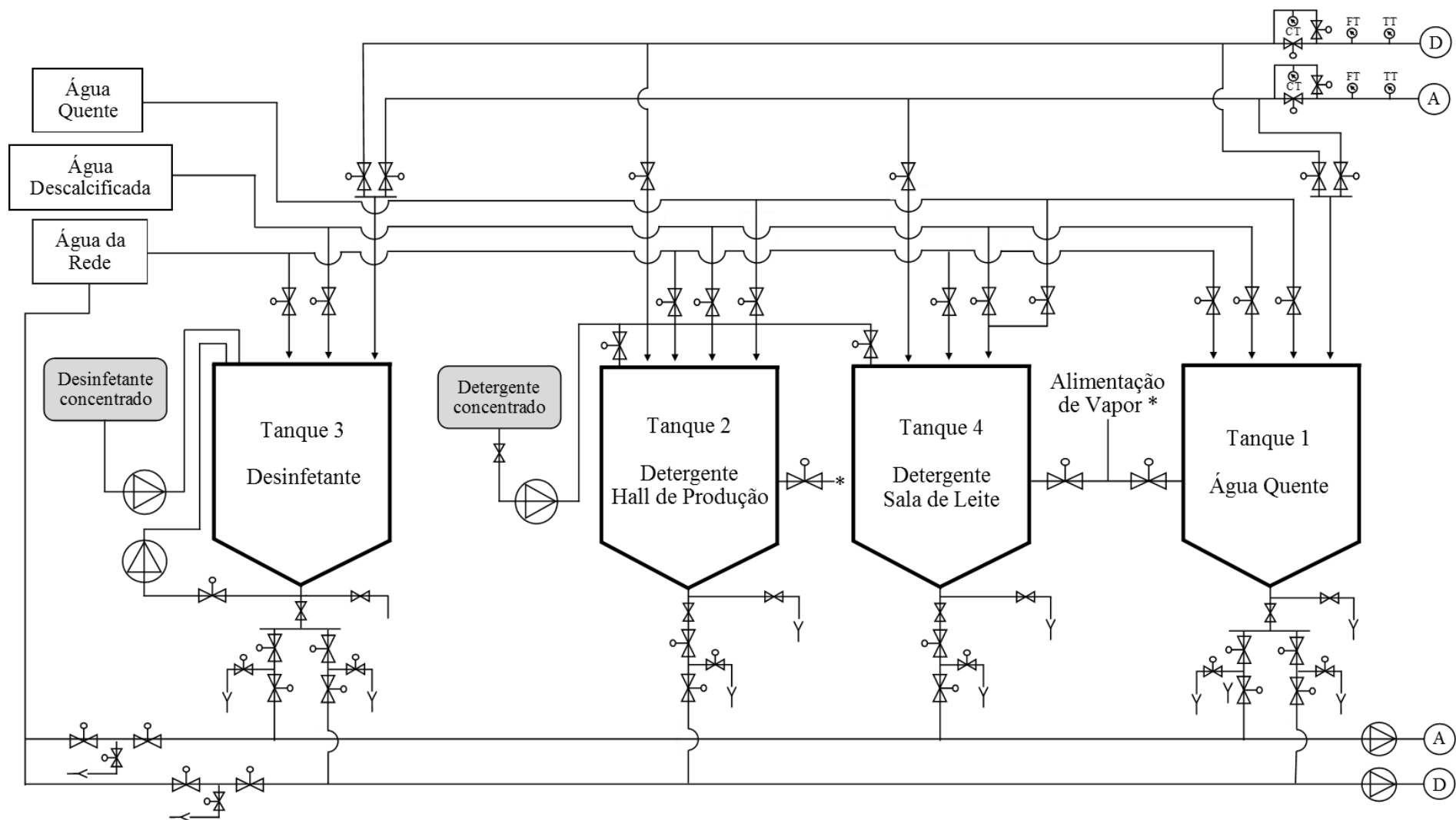


Figura 6.5: Esquemática simplificada da Central de CIP da Margarinaria da FIMA. Representação dos quatro tanques de armazenamento de soluções de limpeza e desinfecção e outros componentes (bombas e válvulas). CT representa o condutivímetro, FT o caudalímetro e TT o sensor de temperatura.

✓ Circuitos de CIP

Devido à complexidade das linhas e equipamentos de preparação das fases, os tanques de CIP alimentam quatro circuitos, dedicados a equipamentos específicos:

- Circuitos A e B – equipamentos da Sala de Leite, nomeadamente tanques de preparação e armazenamento de soro de leite, tanques de preparação de fase aquosa, circuito de pasteurização e depósitos de armazenamento;
- Circuito C – MPU 5 e MPU 6;
- Circuito D – MPU 1A, MPU 1, MPU 2A/2B, MPU 4.

✓ Sequência das etapas de higienização

O programa de CIP implementado é constituído por 5 passos:

- 1º - Desengorduramento (Água a temperatura superior a 75 °C);
- 2º - Lavagem (Detergente a temperatura na ordem dos 75 °C);
- 3º - Enxaguamento intermédio (Água da rede à temperatura ambiente). No fim desta etapa, o sistema é colocado em pausa e são inspecionados os filtros das condutas de alimentação das fases à bomba doseadora e de emulsão para despistar a presença de contaminantes físicos;
- 4º - Desinfecção (Desinfetante à temperatura ambiente);
- 5º - Enxaguamento final (Água da rede à temperatura ambiente).

A passagem de uma etapa para a seguinte é feita automaticamente, pela abertura e fecho de válvulas, quando são atingidos, no retorno, os parâmetros que garantem uma higienização eficaz, nomeadamente:

- Temperatura;
- Condutividade;
- Caudal;
- Tempo.

Quando se vai iniciar uma higienização, é frequente que a linha se encontre cheia de produto da produção anterior, e por isso a primeira etapa de desengorduramento consiste na passagem de água a temperatura elevada, que primeiramente vai empurrar todo material para jusante, sendo recolhido numa purga de separação na linha.

Quando se detecta a saída de água nesta purga, significa que o produto já foi grosseiramente removido, sendo esta fechada. Nesta etapa, toda a solução de enxaguamento é encaminhada para esgoto, devido ao seu elevado teor de matéria orgânica.

Quando é atingida a temperatura mínima na linha de retorno, inicia-se a contagem do tempo do enxaguamento inicial. Dando-se esta por terminada, inicia-se a passagem de detergente, que vai ser inicialmente recuperado para o tanque de água quente, até serem atingidos no retorno os parâmetros de condutividade e caudal (a temperatura do sistema já se encontra elevada).

Atingidos os parâmetros começa a contagem do tempo do detergente, e só aí a recuperação é feita para o tanque correspondente.

O processo é semelhante para as etapas seguintes, sendo que no caso dos enxaguamentos com água da rede, a solução é recuperada para o tanque de água quente. Este contém, por isso, uma mistura de detergente e desinfetante, em concentrações reduzidas, que poderão de certa forma auxiliar na emulsificação dos óleos e gorduras no primeiro passo da higienização.

Resumindo, até serem atingidos os parâmetros específicos de uma determinada solução, esta é recuperada para o tanque da solução que circulou anteriormente.

✓ Parâmetros relevantes

Os **produtos químicos** usados para a higienização CIP são os seguintes:

- Detergente alcalino à base de NaOH, sem aditivos;
- Desinfetante alcalino-clorado, de espuma reduzida, apropriado para águas duras;

Os tanques da central de CIP possuem parâmetros relativos à temperatura a que se devem encontrar as soluções, assim como a sua concentração (Tabela 6.1). No caso da concentração, quando esta desce abaixo do valor parametrizado, é ativado o sistema automático de reposição a partir de um tanque com solução concentrada do agente químico.

Tabela 6.1: Parâmetros de Temperatura (°C) e Concentração (%) dos tanques 1, 2 e 3 da central de CIP.

Parâmetros da Central de CIP	Tanque de solução de CIP		
	1.Água Quente	2.Detergente	3.Desinfetante
Setpoint de Temperatura	75 °C	75 °C	-
Setpoint de Concentração	-	0,90 %	0,70 %
Concentração mínima de início de passagem	-	0,60 %	0,30 %

Para além da concentração *setpoint* para cada tanque, está também definido o parâmetro de concentração mínima de início de passagem, ou seja, é permitido que a circulação se inicie, mesmo quando a concentração ainda não é a ideal, mas que permite uma utilização mais realista dos recursos.

Os **tempos de contacto**, definidos para cada tipo de equipamento e cada etapa do CIP, estão presentes na Tabela 6.2, relativamente à Linha 1, e na Tabela 6.3, relativamente à Linha 3.

Tabela 6.2: Tempo de contacto (minutos) específico das várias etapas de CIP para os equipamentos da Linha 1.

Linha 1	Etapa de CIP				
	Água Quente	Detergente	Enxaguamento intermédio	Desinfetante	Enxaguamento final
MPU 1 e Sistema Doseador 1 kg	10 min	10 min	10 min	10 min	10 min
Sistema Doseador 1 kg	10 min	10 min	10 min	10 min	10 min
Tanque de Passagem	10 min	10 min	10 min	10 min	10 min

Tabela 6.3: Tempo de contacto (minutos) específico das várias etapas de CIP para os equipamentos da Linha 3.

Linha 3	Etapa de CIP				
	Água Quente	Detergente	Enxaguamento intermédio	Desinfetante	Enxaguamento final
MPU 1A e Sistema Doseador 0,5 kg	10 min	10 min	10 min	10 min	10 min
Sistema Doseador 0,5 kg	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min
Tanques de Pré-Emulsão	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min
Tanque de Passagem	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min

A Linha 3 possui a particularidade de não existir retorno no CIP ao Sistema Doseador e Tanque de Passagem. Nesta situação, o tempo é cronometrado pelo operador e a transição entre etapas é confirmada pela abertura de uma purga na linha, recolha de amostra e verificação do pH da solução. Esta ausência deve-se ao facto de, uma vez que a linha estava anteriormente dedicada somente à realização de ensaios experimentais, não ser necessário realizar CIP com muita frequência. Contudo, com o arranque de um novo produto nesta linha, e possivelmente outros no

futuro, seria de toda a instalação do circuito de retorno, permitindo assim a reutilização das soluções de CIP.

Os parâmetros que controlam a transição entre as etapas do CIP para os equipamentos do *Hall* de Produção estão apresentados na Tabela 6.4.

Tabela 6.4: Parâmetros relativos ao Caudal (m³/h), Temperatura (°C) e Condutividade (mS/cm) que condicionam o início da contagem do tempo de contacto para os equipamentos dos circuitos C e D.

Parâmetros de Recuperação de soluções	Etapas de CIP			
	Água Quente	Detergente	Desinfetante	Enxaguamento
Caudal Mínimo de Retorno	5 m³/h	5 m³/h	5 m³/h	5 m³/h
Temperatura Mínima de Retorno	50 °C	45 °C	-	-
Condutividade Mínima de Retorno	-	9 mS/cm	2,1 mS/cm	-

Analogamente ao que acontece com a concentração dos tanques da central de CIP, também é possível que se inicie a contagem do tempo de contato antes de se atingirem os valores ideais (parâmetro mínimo de retorno). Isto porque ocorre diluição das soluções no sistema (porque circulou água anteriormente) e há perdas de calor ao longo do mesmo.

✓ CIP na linha de produção

Em cada linha/equipamento a higienizar existe um local de alimentação de CIP, a montante na linha, e um retorno, a jusante, que as vai encaminhar novamente para os tanques da central de CIP

Idealmente, sempre que é realizada uma higienização, esta deveria ser completa, incluindo todas as etapas referidas anteriormente. Contudo, por questões de economia de recursos e planeamento da produção, é possível realizar:

- Apenas desengorduramento, quando a linha vai sofrer pequenas intervenções, seguida de CIP completo;
- Apenas lavagem (passagem de detergente e enxaguamento), quando vão ocorrer paragens prolongadas;
- Apenas desinfecção (passagem de desinfetante e enxaguamento), sempre imediatamente antes do arranque da produção.

Relativamente aos equipamentos higienizáveis em cada processo de CIP, existem as seguintes variações:

- CIP ao sistema completo, excluindo os referidos de seguida;
- CIP ao sistema doseador, cujo retorno é feito para o tanque existente na linha, e daí é que regressa à central de CIP;
- CIP ao tanque de passagem, que deve ser feito sempre em último lugar.

Os equipamentos com componentes móveis, particularmente agitadores, bombas, SSHE e cristalizadores deverão estar em funcionamento durante o CIP, garantindo que todas as secções do sistema são devidamente higienizadas.

A frequência da higienização também está definida particularmente para cada linha de produção, devendo o CIP ser realizado semanalmente, e entretanto, sempre que se considere necessário, por exemplo, pela mudança de qualidade do produto ou alteração do sistema doseador.

#### **6.4 Passo 4: Verificação do Plano de Limpeza e Desinfecção**

Durante o acompanhamento das higienizações de peças particulares dos equipamentos, assim com dos permutadores de calor, verificou-se que estas estavam a ser realizadas de acordo com o estabelecido nas instruções de trabalho criadas, e confirmou-se, sempre que possível, através das tiras de pH, que as soluções de limpeza foram eficazmente removidas antes da montagem do equipamento para arranque de produção.

A comparação dos circuitos abertos durante a produção e o CIP permitiu detetar pontos mortos de higienização em ambas as linhas de produção.

Na linha 1 verifica-se que a conduta assinalada a traço mais espesso (Figura 6.1) não é lavada durante o CIP ao sistema, já que este faz *by-pass* ao tanque de passagem, e este mesmo tanque tem uma alimentação de CIP própria. Esta situação foi solucionada programando a válvula anterior a esta conduta para abrir durante algum tempo a cada etapa de CIP, permitindo a lavagem da conduta. Nesta situação, o CIP ao sistema terá que ser feito antes dos restantes, caso contrário iria contaminar-se equipamentos já higienizados.

Na linha 3, o ponto morto situa-se à saída do tanque de passagem (Figura 6.2). Como não há retorno de CIP neste sistema (será abordado mais adiante), é aberta a purga para o esgoto imediatamente a seguir à saída do tanque, e a conduta que faz a ligação com a válvula *mixproof* e bomba usadas durante a produção não são devidamente higienizadas. Esta situação foi



contornada abrindo-se manualmente a válvula presente na referida conduta e desmontando-se a ligação à bomba, permitindo assim que a água e as soluções de CIP circulem por este troço.

Apresentam-se de seguida os dados relativos aos parâmetros de condutividade elétrica, caudal e temperatura recolhidos durante a monitorização de higienizações a diversos equipamentos.

#### 6.4.1 Condutividade Elétrica

##### ✓ Desinfecção

Os dados que se apresentam na Tabela 6.5 e na Tabela 6.6 correspondem ao acompanhamento de uma desinfecção realizada no sistema doseador 1 kg da Linha 1.

Tabela 6.5: Condições iniciais de Temperatura (°C) e Concentração (%) do Tanque de Desinfetante da Central de CIP.

##### Condições Iniciais do Tanque 3

Temperatura	9,1 °C
Concentração	0,4 %

Tabela 6.6: Parâmetros de Tempo (minutos), Condutividade (mS/cm), Caudal (m³/h) e Temperatura (°C) registados durante a circulação de desinfetante e enxaguamento final, no Sistema Doseador 1 kg da Linha 1.

Etapa	Tempo (min)	Condutividade (mS/cm)	Caudal (m³/h)	Temperatura (°C)
Desinfecção	0,10	2,54	16,00	20,20
	1,00	2,27	19,10	21,60
	2,00	2,90	6,00	22,00
	3,00	2,86	15,70	22,40
	4,00	2,66	15,10	22,60
	5,00	2,79	9,30	22,80
	6,00	2,78	18,50	22,90
	7,00	2,80	18,60	23,10
	8,00	2,75	10,40	23,30
	9,00	2,75	16,20	23,50
	10,00	2,64	14,40	23,60
Enxaguamento Final	0,10	2,30	27,40	23,80
	0,20	1,40	14,00	24,00
	1,00	0,94	21,60	23,50
	2,00	0,88	18,60	22,70
	3,00	0,88	15,20	22,10
	4,00	0,90	19,60	21,70
	5,00	0,87	15,80	21,40
	6,00	0,83	19,60	21,20
	7,00	0,81	16,40	21,10
	8,00	0,91	19,70	21,00
	10,00	0,84	21,50	20,90

Tabela 6.7: Concentração (%p/p) e condutividade específica a 25°C do desinfetante usado no sistema CIP. Informação obtida junto do fornecedor.

Desinfetante ([% p/p])	Condutividade específica a 25 °C
0,50	4,00
1,00	7,80
2,00	14,90
3,00	21,80
4,00	28,60
5,00	34,40

Cruzando os dados da Tabela 6.1, Tabela 6.4 e Tabela 6.7 é possível constatar que:

- O *setpoint* de concentração do tanque de desinfetante (0,70 %) corresponde a uma condutividade de aproximadamente 5,5 mS/cm;

- A condutividade mínima de retorno de 2,1 mS/cm, equivale uma concentração de desinfetante na linha de retorno de aproximadamente 0,26 %, quando se inicia a contagem, o que não é desejável. Esta situação tem como consequência a recuperação para o tanque de desinfetante de uma solução que não tem ainda uma concentração próxima da original. Como resultado ocorre diluição, sendo necessárias reposições de concentração frequentes, que atrasam todo o processo. Esta consequência verifica-se na Tabela 6.5 e Tabela 6.6. Como resultado de diluições anteriores, o tanque apresenta apenas uma concentração de 0,40 %, e como este valor é superior à concentração mínima de início de passagem estabelecida (0,30 %), o sistema de reposição de concentração não é ativado, permanecendo assim com concentrações mais baixas de desinfetante no tanque da central de CIP.

Segundo recomendação do fornecedor, que ainda não estava a ser implementada, a recuperação deveria iniciar-se quando é atingido no retorno cerca de 80 % da condutividade correspondente à concentração *setpoint*. Sendo esta última 0,70 % (aproximadamente 5,5 mS/cm), a recirculação deveria iniciar-se quando se atinge no retorno 4,4 mS/cm. Assim, a concentração mínima que deve existir no tanque para o início do CIP deverá ser 0,55 %.

Propôs-se assim a adoção temporária destes parâmetros no sentido de avaliar a sua eficácia.

De acordo com os fundamentos do Círculo de *Sinner* apresentados no ponto 4.3.1 do Capítulo 4, ao aumentar a condutividade mínima de retorno foi possível testar-se também a redução dos tempos de contacto em alguns equipamentos, já que, durante esse período de tempo, a solução que circula tem uma concentração muito próxima da desejada.

Os dados resultantes do acompanhamento do CIP após alteração destes parâmetros apresentam-se na Tabela 6.8 e Tabela 6.9:

Tabela 6.8: Condições iniciais de Temperatura (°C) e Concentração (%) do tanque de desinfetante da Central de CIP após alteração dos parâmetros referidos.

Condições Iniciais do Tanque 3	
Temperatura	5,3 °C
Concentração	0,8 %

Tabela 6.9: Condições de Tempo (minutos), Condutividade (mS/cm), Caudal (m³/h) e Temperatura (°C) registados durante a circulação de desinfetante e enxaguamento final, no Sistema Doseador 1 kg da Linha 1, após alteração dos parâmetros referidos.

Etapa	Tempo (min)	Condutividade (mS/cm)	Caudal (m³/h)	Temperatura (°C)
Desinfecção	0,10	4,40	5,90	23,10
	0,50	5,55	4,20	24,30
	1,00	6,26	4,00	26,30
	1,50	5,75	4,60	27,20
	2,10	6,27	8,10	26,60
	2,60	6,24	6,20	26,50
	3,80	6,87	27,60	26,50
	5,00	6,72	3,30	26,50
Enxaguamento final	0,70	1,21	19,60	25,40
	1,70	0,02	1,70	24,60
	2,00	1,02	25,90	23,90
	2,50	1,04	19,00	23,30
	3,50	1,06	14,40	23,10
	4,00	1,06	9,10	23,00
	4,50	1,05	14,90	22,90

Verifica-se então que, apesar de um tempo de contacto menor, a condutividade detetada no retorno aproxima-se da condutividade correspondente à concentração *setpoint* de desinfetante, confirmando-se assim um aumento da eficácia do processo. O valor baixo de condutividade (0,02 mS/cm) detetado quando decorriam 1,70 minutos do enxaguamento final, associado a um valor também baixo de caudal (1,70 m³/h), poderá dever-se a um erro de leitura do condutivímetro por diminuição brusca da quantidade de água de enxaguamento em contacto com os sensores, pela retenção em algum ponto do circuito.

✓ Limpeza

A condutividade mínima de retorno de 9 mS/cm corresponde apenas a uma concentração de detergente na linha de retorno de aproximadamente 0,05 % (Tabela 9.1). Neste caso, a solução inicialmente recuperada era ainda mais diluída do que no caso anterior.

Assim, aumentou-se a condutividade mínima de retorno para 15 mS, como forma de compromisso entre a concentração desejada e a recuperação de detergente. Esta alteração permitiu também testar-se a redução dos tempos de contacto. Os dados relativos ao acompanhamento de um CIP após estas alterações apresentam-se na Tabela 6.10 e Tabela 6.11.

Tabela 6.10: Condições iniciais de Temperatura (°C) e Concentração (%) do tanque de detergente (2) da Central de CIP.

Condições Iniciais do Tanque 2	
Temperatura	76,5 °C
Concentração	0,72 %

Tabela 6.11: Parâmetros de Tempo (minutos), Condutividade (mS/cm), Caudal (m³/h) e Temperatura (°C) registados durante a circulação de detergente e enxaguamento intermédio, no Tanque de Pré-mistura 2 da Linha 3.

Etapa	Tempo (min)	Condutividade (mS/cm)	Caudal (m³/h)	Temperatura (°C)
Limpeza	1,00	20,03	28,70	63,00
	2,50	20,03	25,40	64,20
	3,40	20,03	23,30	65,10
	4,00	20,02	22,70	65,60
	4,50	20,03	21,70	66,10
	5,00	20,03	21,00	66,50
Enxaguamento Intermédio	0,10	14,83	32,50	56,00
	0,50	10,71	32,10	53,50
	1,00	7,33	32,40	49,80
	1,50	4,57	32,50	46,60
	2,00	2,58	32,60	43,50
	2,50	1,51	32,30	40,80
	3,00	1,23	17,50	38,30
	3,70	1,23	32,40	33,00
	4,10	1,14	31,90	32,10
	4,50	1,14	31,00	31,50
	5,00	1,13	32,60	30,30

Durante o acompanhamento de higienizações nas diferentes linhas, e através das experiências anteriores relatadas pelos operadores, identificou-se um problema: a condutividade detetada no sistema de retorno do CIP não superava os 20,03 mS/cm, mesmo para concentrações iniciais do

tanque superiores à concentração mínima de início de passagem, como se pode confirmar pela Tabela 6.11. Tal corresponde a uma concentração teórica de detergente no retorno de apenas 0,12 %<sup>7</sup>, o que não coincide com a concentração real do tanque (Tabela 6.10).

No sentido de averiguar esta questão, recolheram-se amostras de detergente (Tabela 6.12), tanto no tanque da central de CIP como durante a passagem do mesmo, em purgas nas linhas, para avaliar a sua condutividade e concentração reais.

Tabela 6.12: Condutividade (mS/cm), e Concentração determinada por titulação (%) de amostras de detergente recolhidas na linha e no tanque da central de CIP.

Local de recolha	Condutividade (mS/cm)	Concentração (%)
Linha	35	0,74
	32,5	0,68
Tanque da central de CIP	36,3	0,69
	33	0,58
	31,3	0,64

Verificou-se experimentalmente que as amostras possuíam efetivamente condutividade superior a 20 mS/cm, e por isso o problema deveria estar relacionado com a linha de retorno do CIP.

Após contacto com a equipa de instrumentação, chegou-se à conclusão de que a escala dos condutivímetros de retorno estava definida para registar valores entre 0 e 20 mS/cm, em todos os circuitos de CIP.

Uma vez que as concentrações de detergente usadas equivalem a condutividades superiores a este valor, foi necessária a intervenção da empresa fornecedora dos equipamentos, no sentido de alterar a escala, que passou a ser de 0 a 200 mS/cm. Contudo, esta intervenção apenas foi realizada num momento próximo do fim da permanência na empresa, não tendo sido possível recolher dados relativos ao desempenho do detergente em nenhuma das linhas em análise. Apesar disso, obtiveram-se dados de higienizações de outros equipamentos, que servem para ilustrar o efeito da alteração (Tabela 6.13).

Tabela 6.13: Condições iniciais de Temperatura (°C) e Concentração (%) do tanque de detergente (4) da Central de CIP.

Condições Iniciais do Tanque 4	
Temperatura	81,6 °C
Concentração	0,50 %

<sup>7</sup> Valor obtido por interpolação dos dados da Tabela 9.1 – Anexos.

Tabela 6.14: Parâmetros de Tempo (minutos), Condutividade (mS/cm), Caudal (m³/h) e Temperatura (°C) registados durante a circulação de detergente e enxaguamento intermédio, num depósito da Sala de Leite, após alteração da escala dos condutivímetros de retorno.

Etapa	Tempo (min)	Condutividade (mS/cm)	Caudal (m³/h)	Temperatura (°C)
Limpeza	0,20	26,30	8,90	55,00
	1,00	26,90	8,50	57,10
	1,50	27,10	7,40	58,50
	2,00	26,60	8,70	60,00
	2,50	26,60	8,40	61,00
	3,10	26,40	8,90	62,40
	4,00	25,20	8,80	63,30
Enxaguamento Intermédio	0,60	1,70	7,40	60,90
	1,10	1,60	7,50	54,40
	1,50	1,50	7,50	51,50
	2,00	1,60	7,50	45,90
	2,50	1,60	7,60	42,30
	3,00	1,50	7,30	40,30
	3,50	1,50	7,50	36,20
	4,00	1,60	7,60	34,20
	4,50	1,80	7,50	32,70
	5,00	2,00	7,50	30,30

Foi ainda possível acompanhar operações de manutenção onde se procedeu à calibração da sonda de condutividade do tanque de detergente 2, contudo, a sua posição próxima da zona de injeção de vapor parece promover uma descalibração precoce do equipamento.

Com a garantia do seu funcionamento correto, eventualmente pela alteração do sistema de leitura da condutividade, que será abordado mais adiante, poderia ser aplicado o plano anteriormente referido de se iniciar a recuperação quando se atinge no retorno 80% da condutividade equivalente à concentração *setpoint*. Assim, correspondendo esta última a aproximadamente 43 mS/cm, a recuperação poderia iniciar-se quando se deteta 33 mS/cm no retorno, que correspondem à concentração mínima de início de passagem de 0,60 % usada atualmente.

#### ✓ Desengorduramento

Durante esta etapa, verificou-se que a condutividade rondava o valor 0 mS/cm. Isto porque o produto que circula no sistema de retorno de CIP, durante esta etapa, não entra em contato com o condutivímetro, uma vez que é altamente rico em matéria orgânica, particularmente em lípidos, que possuem uma condutividade elétrica muito baixa (McClements, 2008). O contato do

condutivímetro com a solução de passagem é controlado pela abertura e fecho de válvulas específicas (Figura 6.6).

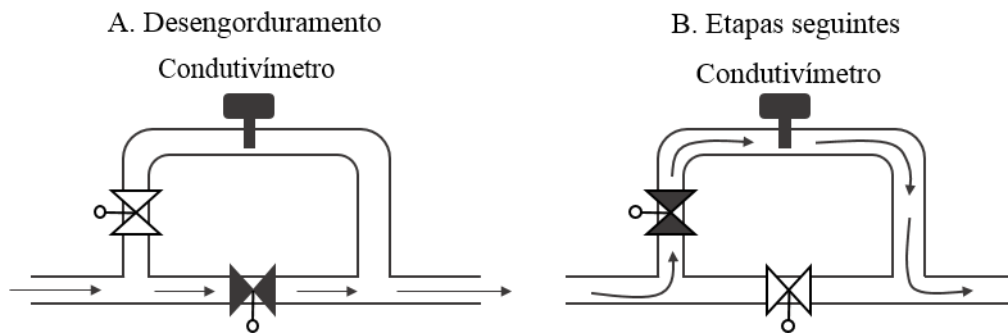


Figura 6.6: Condição de abertura e fecho de válvulas junto ao condutivímetro do sistema de retorno. O preenchimento da válvula a negro indica que está aberta. A: Posição das válvulas durante a etapa de desengorduramento. B: Posição das válvulas durante as etapas seguintes.

#### 6.4.2 Caudal

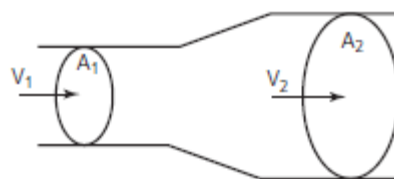
Os valores relativos ao caudal volúmico apresentados nas tabelas de acompanhamento das diversas higienizações foram obtidos através do caudalímetro presente na linha de retorno do CIP.

Neste contexto, a velocidade média  $v_m$  (m/s) de um fluido, numa conduta de secção circular, resulta do quociente entre o caudal volúmico e a área da secção transversal, sendo dada, segundo Lewis (2008), por:

$$v_m = \frac{Q}{A} = \frac{4 Q}{\pi D^2}$$

onde  $Q$  é o caudal volúmico,  $D$  o diâmetro interno da conduta e  $A$  a área da secção transversal.

Com base na Teoria da Continuidade para fluidos incompressíveis, é possível deduzir que o caudal volúmico é constante, em quaisquer dois pontos de um sistema onde ocorre escoamento (Figura 6.7). Daqui advém também a relação inversamente proporcional entre a velocidade média e a área da secção transversal, que está dependente do diâmetro da conduta (Lewis, 2008).



$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2$$

Figura 6.7: Caudal volúmico ao longo de uma conduta de diâmetro variável (Extraído de Lewis, 2008).

Como é possível verificar na Figura 6.1 e Figura 6.2 existe alguma variabilidade em termos do diâmetro interno das condutas, que idealmente deveria ser reduzida, uma vez que vai implicar a ocorrência de velocidades médias de circulação também variáveis.

Para o caudal mínimo de retorno estabelecido de 5 m<sup>3</sup>/h, a velocidade média teórica (m/s) atingida em cada categoria de tubagem (diferenciadas pelo seu diâmetro interno) estão representadas na Tabela 6.15.

Tabela 6.15: Velocidade média (m/s) que ocorre em cada dimensão de diâmetro interno (mm), para o caudal mínimo de retorno de 5 m<sup>3</sup>/h.

<b>Diâmetro interno (mm)</b>	<b>Velocidade média (m/s)</b>
38	1,225
48	0,768
66	0,406
101	0,173
104	0,163
150	0,079

Para o valor estabelecido de caudal mínimo de retorno, apenas se atinge uma velocidade próxima da desejada (1,5 m/s) nas condutas de menor diâmetro (38 mm), sendo que nas restantes a velocidade é inferior.

Para que fosse atingida a velocidade de 1,5 m/s, os valores de caudal que seria necessário obter nas condutas dos diversos diâmetros estão representados na Tabela 6.16.

Tabela 6.16: Caudal volúmico (m<sup>3</sup>/h) necessário para se atingir, em cada dimensão de diâmetro interno (mm), a velocidade de 1,5 m/s.

<b>Diâmetro interno (mm)</b>	<b>Caudal volúmico (m<sup>3</sup>/h)</b>
38	6,124
48	9,772
66	18,474
101	43,264
104	45,872
150	95,426

Para o caso do Sistema Doseador de 1 kg, por exemplo, que possui condutas de diâmetro elevado, o caudal volúmico médio que se atingiu nos diversos acompanhamentos das higienizações foi de 14,5 m<sup>3</sup>/h. Este valor foi o máximo atingido, relativamente a outros equipamentos, durante os intervalos de tempo correspondentes a cada etapa, tendo-se verificado situações pontuais em que se atingiram 27,6 m<sup>3</sup>/h. Mesmo assim, não seria possível atingir a velocidade desejada neste troço.



Os valores de velocidade correspondentes ao caudal médio de 14,5 m³/h para as condutas utilizadas durante o CIP ao Sistema Doseador 1 kg estão apresentados na Tabela 6.17

Tabela 6.17: Velocidades (m/s) que ocorrem em cada dimensão de diâmetro interno (m) existente no circuito de CIP ao Sistema Doseador 1 kg, para o caudal médio registado de 14,5 m³/h.

Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)
38	3,551
48	2,226
66	1,177
101	0,503

Apesar do caudal mínimo de início de passagem não garantir que se atinja a velocidade desejada, os valores médios que se verificam durante a circulação são satisfatórios e permitem uma higienização eficaz no período de tempo estabelecido, como será possível observar mais adiante.

No sistema implementado, cada circuito CIP alimenta apenas um equipamento de cada vez. A questão do caudal, por si só já limitante, seria ainda mais restritiva caso um circuito alimentasse simultaneamente mais do que um equipamento, para além de que a capacidade dos tanques da central poderia não ser suficiente para tal ocorrer, dado o tamanho e complexidade do sistema.

Daqui resulta também a necessidade de um planeamento da produção e higienização o mais harmonioso possível, organizando a sequência dos equipamentos a higienizar com base na prioridade para arranque da produção, por exemplo.

#### **6.4.3 Temperatura**

A temperatura do sistema é monitorizada tanto nos tanques da central de CIP, que alimentam o circuito de produção, como na linha de retorno.

Quando, devido à recuperação de soluções numa higienização anterior, a temperatura dos tanques de água quente ou de detergente desce abaixo do valor parametrizado, ativam-se automaticamente válvulas de vapor que alimentam o tanque, repondo o valor da temperatura ideal.

O *setpoint* de temperatura para os tanques de água quente e detergente (75 °C) está definido para um valor que permite, considerando as perdas de calor ao longo do sistema, que a temperatura no retorno seja suficientemente alta (superior a 60 °C) para evitar a deposição de sujidade, particularmente da gordura.

O acompanhamento das higienizações permitiu verificar uma temperatura, no retorno, de 10 °C a 20 °C abaixo da temperatura inicial a que se encontravam os tanques, cumprindo na mesma o

valor estipulado para se iniciar a contagem. Estas diferenças de temperatura variam com o tipo de equipamentos e sistemas higienizados.

Verificou-se ainda que o período de tempo decorrido desde o início da passagem de água quente até ao início da contagem desta etapa era superior relativamente à etapa do detergente. Isto porque inicialmente o sistema se encontrava à temperatura ambiente, ou mesmo à temperatura de processamento da margarina.

Para que este parâmetro fosse alcançado, seria crucial que, durante o CIP, estivesse desligado o sistema de refrigeração dos equipamentos, para evitar comprometer o alcance da temperatura mínima no retorno.

No caso do desinfetante, segundo informação do fornecedor, este possui atividade bactericida para *Salmonella enterica* e *Listeria monocytogenes* a 1 % de diluição em água dura (300 ppm  $\text{CaCO}_3$ ) em situações de alto teor de sujidade, tempo de contacto de 5 minutos, a uma temperatura de 20 °C.

Os tanques de armazenamento de desinfetante não têm regulação da temperatura, e no retorno atingem-se valores na ordem dos 20 °C, podendo em alguns casos ser ligeiramente superior.

Feita a avaliação dos resultados apresentados anteriormente, foi possível propor a adoção de alguns parâmetros, que se apresentam na Tabela 6.18 e Tabela 6.19.

Tabela 6.18: Tempo de contacto (minutos) específico das várias etapas de CIP para os equipamentos da Linha 1, após reavaliação.

Linha 1	Etapa de CIP				
	Água Quente	Detergente	Enxaguamento intermédio	Desinfetante	Enxaguamento final
Sistema Doseador 1 kg	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min
Tanque de Passagem	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min

Tabela 6.19: Parâmetros de concentração mínima de passagem (%) e condutividade mínima de retorno (mS/cm) adotados nos Circuitos C e D após reavaliação das condições apresentadas inicialmente na Tabela 6.1 e Tabela 6.4 .

Parâmetros alterados	Etapa de CIP			
	Água Quente	Detergente	Desinfetante	Enxaguamento
Concentração mínima de início de passagem	-	0,60 %	0,55 %	-
Condutividade mínima de retorno	-	15 mS/cm	4,4 mS/cm	-

### 6.5 Passo 5: Seleção do Produto

A análise das formulações dos produtos fabricados nas linhas em questão permitiu verificar que não existia nenhum produto que representasse o pior caso de higienização, pela presença de contaminantes específicos, por exemplo. Os dados relativos às formulações não serão apresentados por questões de confidencialidade da empresa. Utilizou-se, por isso, como referência, o produto que tem uma formulação genericamente semelhante entre as diversas marcas: Linha 1, creme vegetal para culinária com 59 % de gordura; Linha 3, creme vegetal para culinária com 79 % de gordura.

### 6.6 Passos 6 a 10: Identificação de Contaminantes, Tipo de Amostras, Localização, Método Analítico e Limites de Aceitação

Os passos 6 a 10 encontram-se esquematizadas na Tabela 6.20, que resume todos os parâmetros selecionados para a validação do Plano de Limpeza e Desinfecção. Apresentam-se de seguida informações acerca de alguns parâmetros apresentados na Tabela 6.20:

Nota 1: A ausência completa de corpos estranhos nos filtros pode ser por vezes irrealista, já que a sua função é precisamente reter material não desejável que poderia estar no seio do produto e que poderia ser embalado. Daí a importância da inspeção frequente dos filtros, que permite detetar a origem dos contaminantes. Mesmo que apresentem resíduos, desde que estes não surjam no produto final, a sua função está a ser cumprida.

Nota 2: Para o cumprimento do limite de aceitação para o pH definido pela Unilever, idealmente deveria ter sido feito um acompanhamento frequente das propriedades da água da rede que alimenta o sistema, contudo tal não foi possível. Assim, considerou-se o intervalo de pH definido na legislação relativa à qualidade da água para consumo humano (Decreto-Lei 306/2007), que se situa entre 6,5 e 9.

Nota 3: Para fins ilustrativos, apresenta-se a Figura 6.8, que representa o tipo de resultados obtidos através da utilização da zaragatoa de Proteína Total.

Nota 4: Para fins ilustrativos, apresenta-se a Figura 6.9, que representa o tipo de resultados obtidos através da utilização do *Kit ELISA* para determinação da presença de leite, que tem um limite de detecção de 5 a 10 ppm.

Tabela 6.20: Descrição dos parâmetros selecionados nos passos 6 a 10 do Plano de Limpeza e Desinfecção.

Passos do Plano de Limpeza e Desinfecção				
9	6	7	8	10
Método Analítico	Contaminante Detetado	Tipo de Amostra	Local da Recolha	Limite de Aceitação
Inspeção Sensorial	Resíduos de Produto	Superfícies	Equipamentos e Filtros	Sem textura gordurosa
		Águas de Enxaguamento	Purgas do sistema	Sem gordura visível
	Contaminantes químicos	Superfícies	Equipamentos	Sem depósitos, espuma ou odor característico do agente químico
		Águas de Enxaguamento	Purgas do sistema	
	Corpos estranhos	Superfícies	Filtros <sup>1</sup>	Ausência completa
		Águas de Enxaguamento	Purgas do sistema	
pH	Contaminantes químicos	Produto Final	Linha de Produção	Diferença máxima entre da água de alimentação do sistema e água de enxaguamento <sup>2</sup> : $\pm 0,5$
		Superfícies	Equipamentos	
Conductividade	Contaminantes químicos	Águas de Enxaguamento	Purgas do sistema	
Proteína Total	Resíduos de Produto	Águas de Enxaguamento	Linha de Retorno do CIP	Semelhante à água da rede
Kit ELISA	Alergénio	Superfícies	Equipamentos	Cor verde <sup>3</sup>
		Águas de Enxaguamento	Purgas do sistema	
Análises Microbiológicas	1.Micro-organismos totais a 37°C 2.Enterobacterias	Produto Final	Linha de Produção	Negativo <sup>4</sup>
		Superfícies	Equipamentos	
		Águas de Enxaguamento	Purgas do sistema	
		Produto Final	Linha de Produção	1. < 20 u.f.c / ml 2. 0 u.f.c / ml
		Superfícies	Equipamentos	
		Águas de Enxaguamento	Purgas do sistema	

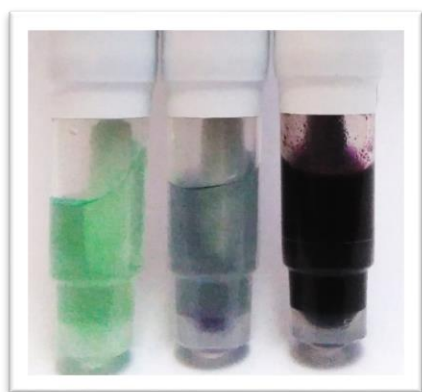


Figura 6.8: Resultados obtidos através da utilização da zaragatoa de Proteína Total.



Figura 6.9: Resultados obtidos através da utilização do kit ELISA para determinação da presença de leite.

### **6.7 Passo 11: Recolha de Amostras e Análises**

A recolha de amostras foi feita de acordo com o plano apresentado na Tabela 6.20. Devido aos diferentes tipos de CIP que podem ser realizados, e também aos períodos em que decorriam as higienizações, nem sempre foi possível recolher amostras em triplicado após a lavagem e após a desinfecção.

Os resultados das análises às amostras recolhidas constam dos anexos:

- Linha 1: Tabela 9.2, Tabela 9.3 e Tabela 9.4;

- Linha 3: Tabela 9.5 - Tabela 9.10;

Na coluna Amostra, o número corresponde à ordenação da recolha das amostras, e a letra seguinte codifica o tipo de higienização que foi realizada: C – CIP Completo; L – Limpeza; D – Desinfecção.

### **6.8 Passo 12: Avaliação dos Resultados**

Com base nos resultados obtidos no passo anterior, é possível constatar que os processos de limpeza e desinfecção são bem-sucedidos no que toca à eliminação de contaminantes das diversas origens, cujos níveis se encontram dentro dos limites de aceitação para cada método analítico realizado.

Contudo, uma vez que não foi possível fazer-se uma recolha em triplicado das amostras relativas à limpeza e desinfecção separadamente, não se pode considerar que o sistema esteja completamente validado, apesar de existirem dados que apontam nessa direção.

# **Capítulo 7**

---

## **Conclusões e Oportunidades de Melhoria**

## 7 .Conclusões e Oportunidades de Melhoria

O trabalho realizado consistiu na validação do sistema *Clean-In-Place* instalado na Margarinaria da FIMA há mais de duas décadas. Este sistema de higienização sofreu consideráveis avanços nas últimas décadas, tanto em termos de equipamento, como de agentes químicos. Foi crucial por isso garantir que os procedimentos aplicados garantiram um elevado nível de segurança alimentar e, consequentemente, de qualidade dos produtos. Tal foi conseguido através da metodologia desenvolvida pela empresa detentora da unidade fabril, a Unilever.

O processo de validação envolveu uma aprendizagem acerca, tanto do processo de fabrico da margarina, como do funcionamento do sistema CIP em si. O contato com os operadores das mais diversas áreas foi importante no sentido de averiguar problemas persistentes no sistema, assim como possíveis formas de os resolver. A abordagem interdisciplinar que esta metodologia implica permite ter uma visão abrangente acerca das interações que ocorrem entre as diversas componentes do sistema.

Os resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o acompanhamento dos processos de higienização revelaram que os procedimentos atualmente implementados são eficazes no que toca à remoção de substâncias indesejáveis (resíduos do produto e dos compostos químicos utilizados na limpeza e desinfecção, corpos estranhos e micro-organismos) resultantes da produção, dos equipamentos, de anomalias nos processos ou de contaminação ambiental.

O objetivo principal das unidades fabris deste setor é a produção de géneros alimentícios, da forma mais eficiente possível. Este pode por vezes entrar em conflito com a necessidade de despendar tempo na higienização de equipamentos e linhas de produção, contudo esta nunca poderá ser desprezada, pois só assim se garante que o produto que chega ao consumidor é inócuo e cumpre a legislação que regulamenta a problemática da segurança alimentar. É por isso essencial que os processos produtivos e de higienização sejam planeados de forma mais harmoniosa possível, para garantir que ambos cumprem o seu propósito.

É de frisar ainda a importância da comunicação entre departamentos diferentes, como a produção, qualidade, manutenção e planeamento, no sentido de detetar problemas o mais cedo possível e poder desenvolver soluções integradas que se apliquem ao sistema como um só, e não como sectores individualizados.

Ainda relativamente ao sistema CIP, existem oportunidades de melhoria em termos de utilização dos recursos disponíveis e que potencialmente poderiam aumentar a eficiência do processo. Apresentam-se de seguida alguns pontos-chave que poderão ser otimizados no futuro.



### ✓ **Recuperação de produto antes do início do CIP**

Como foi descrito no Passo 3: Revisão do Plano de Limpeza e Desinfecção, Capítulo 6, quando se vai iniciar o CIP após produção, as condutas encontram-se cheias de margarina, sendo esta recolhida para recipientes, tratada num local apropriado, e posteriormente adicionada de novo à linha. Este processo começou a ser automatizado no final do período de permanência na empresa. Contudo ainda foi possível constatar as vantagens que traz um sistema, autónomo e rápido, de recuperação interna de produto, dispensando a intervenção humana e a transferência, deste, entre recipientes.

Um dos exemplos são os Sistemas PIG, que possibilitam a raspagem de condutas e recuperação de produto através da utilização de projéteis colocados no interior das mesmas (Perfinox, 2016).

### ✓ **Parâmetros dos agentes de higienização**

Ao nível da interface sistema-utilizador, seria de todo benéfico converter a informação obtida atualmente sob a forma de concentração dos tanques da central de CIP para condutividade, já que é este o parâmetro usado no retorno. Assim, quando o operador acompanhasse o desenrolar do CIP, conseguiria facilmente comparar a condutividade detetada no retorno com a da solução presente no tanque da central de CIP.

### ✓ **Solução detergente**

O detergente usado é constituído essencialmente por hidróxido de sódio, que tende a depositar-se quando em contacto com água dura e em condições de temperatura elevada. A água usada na Margarinaría tem histórico de dureza elevada e, apesar de existir uma alimentação de água descalcificada no sistema, esta por vezes não é suficiente para restabelecer o nível dos tanques, quando a utilização do sistema é mais frequente. Assim, existem 2 soluções possíveis, com impactos financeiros também diferentes:

- Alteração do detergente usado, aditivando-o com agentes sequestrantes;
- Instalação de um sistema de aquecimento externo ao tanque, com o qual o detergente apenas entra em contacto quando se vai iniciar um CIP. Assim reduz-se a probabilidade da precipitação de depósitos que poderão comprometer o funcionamento dos equipamentos, assim como se reduz potencialmente o gasto energético associado à manutenção dos atuais parâmetros de temperatura.

### ✓ **Recuperação de Detergente**

Presentemente, até se iniciar a contagem do tempo de detergente, a água do enxaguamento anterior começa a ser recuperada para o tanque de água quente. Contudo, como os parâmetros de condutividade do detergente ainda não foram atingidos, esta poderá ainda apresentar um teor de matéria orgânica indesejável, que irá contaminar o tanque de água quente. Por isso, até ser

atingido o parâmetro de condutividade mínima de retorno do detergente, este deveria também ser encaminhado para esgoto em vez de ser recuperado.

#### ✓ **Recirculação**

A instalação de um sistema de recirculação externo e único para cada tanque de armazenamento iria permitir um acerto mais rápido e eficaz das condições antes do arranque do CIP. Atualmente, após períodos de paragem (como é o caso do fim-de-semana), poderá ocorrer deposição das substâncias químicas, que só começam a recircular depois de já terem percorrido todo o sistema e retornarem ao tanque, uma vez que não existe nenhum sistema de homogeneização interno, sendo despendido este tempo no acerto dos parâmetros para o início da contagem.

Assim, a recirculação externa e diretamente para o tanque, com a instalação de um condutivímetro na conduta, iria permitir um acerto muito mais rápido da condutividade.

Em conclusão, apesar de eficaz, o sistema CIP implementado apresenta algumas oportunidades de melhoria em termos de eficácia que poderiam ser solucionadas de forma mais ou menos imediata, dependendo do tipo de investimento financeiro que implicam. A otimização do processo poderá, em última análise, reduzir custos relacionados com o consumo de água, energia, detergentes e desinfetantes.

# Capítulo 8

---

## Bibliografía

## 8 .Bibliografia

- Aladjadjiyan, A. (2006). Physical hazards in the agri-food chain. In P. A. Luning, F. Devlieghere, & R. Verhé (Eds.), *Safety in the Agri-food Chain* (pp. 209 – 222). The Netherlands: Wageningen Academic Pub. Retrieved from [https://books.google.pt/books?id=S1i6nSVK4cEC&dq=food+safety+physical+hazards&lr=&hl=pt-PT&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.pt/books?id=S1i6nSVK4cEC&dq=food+safety+physical+hazards&lr=&hl=pt-PT&source=gbs_navlinks_s)
- Baptista, P. (2003). *Higienização de Equipamentos e Instalações na Indústria Agro-Alimentar* (1ª Edição). Guimarães: Forvisão - Consultoria em Formação Integrada, LDA.
- Baptista, P. (2007). *Sistemas de Segurança Alimentar na Cadeia de Transporte e Distribuição de Produtos Alimentares*. Forvisão - Consultoria em Formação Integrada, LDA.
- Baptista, P., & Venâncio, A. (2003). *Os Perigos para a Segurança Alimentar no Processamento de Alimentos* (1ª Edição). Guimarães: Forvisão - Consultoria em Formação Integrada, LDA.
- Bylund, G. (1995). Pipes, valves and fittings. In *Dairy processing handbook* (pp. 153–160). Lund, Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB.
- Codex Alimentarius Commission. (2003). *CAC/RCP 1-1969, General Principles of Food Hygiene*.
- Comissão das Comunidades Europeias. (2000). *Livro Branco sobre a Segurança dos Alimentos*. Bruxelas.
- De Meulenaer, B. (2006). Chemical hazards. In P. A. Luning, F. Devlieghere, & R. Verhé (Eds.), *Safety in the Agri-food Chain* (pp. 145–208). The Netherlands: Wageningen Academic Pub. Retrieved from [https://books.google.pt/books?id=S1i6nSVK4cEC&dq=food+safety+physical+hazards&lr=&hl=pt-PT&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.pt/books?id=S1i6nSVK4cEC&dq=food+safety+physical+hazards&lr=&hl=pt-PT&source=gbs_navlinks_s)
- European Food Safety Authority. (2012). *E.coli: Rapid response in a crisis*. Retrieved from <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/120711>
- EU-VITAL. (2016). Action Levels. Retrieved from <http://www.eu-vital.org/en/actionlevels.html>
- Flack, E. (1997). Butter, Margarine, Spreads, and Baking Fats. In F. D. Gunstone & F. B. Padley (Eds.), *Lipid Technologies and Applications* (1st ed., pp. 305–328). New York: Marcel Dekker, Inc. Retrieved from [https://books.google.pt/books?id=MccA-I5PgIsC&pg=PA19&dq=interesterification+of+fats+oils&lr=&hl=pt-PT&source=gbs\\_toc\\_r&cad=4#v=onepage&q=interesterification+of+fats+oils&f=false](https://books.google.pt/books?id=MccA-I5PgIsC&pg=PA19&dq=interesterification+of+fats+oils&lr=&hl=pt-PT&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q=interesterification+of+fats+oils&f=false)

- Food and Agriculture Organization. (2003). *Trade Reforms and Food Security: Conceptualizing the linkages*. Rome.
- Food and Agriculture Organization. (2004). *Food & Nutrition: A Handbook for Namibian Volunteer Leaders*. Windhoek, Namibia: Ministry of Higher Education, Training and Employment Creation, Namibia and Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Food and Agriculture Organization. (2010). *The state of food insecurity in the world*. Rome.
- Friis, A., & Jensen, B. B. B. (2005). Improving the hygienic design of closed equipment. In H. L. M. Lelieveld, M. A. Mostert, & J. Holah (Eds.), *Handbook of hygiene control in the food industry* (pp. 191 – 211). CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Fryer, P. J., Christian, G. K., & Liu, W. (2006). How hygiene happens: physics and chemistry of cleaning. *International Journal of Dairy Technology*, 59(2), 76–84.
- Gibson, H., Taylor, J. H., Hall, K. E., & Holah, J. T. (1999). Effectiveness of cleaning techniques used in the food industry in terms of the removal of bacterial biofilms. *Journal of Applied Microbiology*, 87, 41–48.
- Gonçalves da Silva, A. (1991). Tensioactivos na Indústria dos Detergentes. *Boletim SPQ*, 44/45.
- Hanning, I. B., O'Bryan, C. A., Crandall, P. G., & Ricke, S. C. (2012). Food Safety and Food Security. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 9. Retrieved from <http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/food-safety-and-food-security-68168348>
- Hasting, A. P. M. (2008). Designing for Cleanability. In A. Tamime (Ed.), *Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations* (3rd ed., pp. 81–107). Blackwell Publishing Ltd, Society of Dairy Technology.
- Jensen, B. B. B. (2008). May the Force (and Flow) Be With You: Importance of Flow in CIP. *FoodSafety Magazine*. Retrieved from <http://www.foodsafetymagazine.com/magazine-archive1/december-2008january-2009/may-the-force-and-flow-be-with-you-importance-of-flow-in-cip/>
- JerónimoMartins. (2016). Origens e História. Retrieved from <http://www.jeronimomartins.pt/o-grupo/historia.aspx>
- Lewis, M. J. (2008). Fluid Flow Dynamics. In A. Tamime (Ed.), *Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations* (3rd ed., pp. 10 – 31). Blackwell Publishing Ltd, Society of Dairy Technology.

- Lorenzen, K. (2005). Improving cleaning-in-place (CIP). In H. L. M. Lelieveld, M. A. Mostert, & J. Holah (Eds.), *Handbook of hygiene control in the food industry* (pp. 425–444). CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- McClements, D. J. (2008). Lipid-Based Emulsions and Emulsifiers. In C. C. Akoh & D. B. Min (Eds.), *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology* (3rd ed., pp. 64–98). CRC Press. Retrieved from [https://books.google.pt/books?id=sPgIndmgXU8C&pg=PA3&dq=conductivity+of+lipids&hl=pt-PT&source=gbs\\_selected\\_pages&cad=2#v=onepage&q=conductivity of lipids&f=false](https://books.google.pt/books?id=sPgIndmgXU8C&pg=PA3&dq=conductivity+of+lipids&hl=pt-PT&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q=conductivity+of+lipids&f=false)
- Moerman, F., Rizoulières, P., & Majoor, F. A. (2014). Cleaning in Place (CIP) in food processing. In H. L. M. Lelieveld, J. Holah, & D. Napper (Eds.), *Hygiene in Food Processing: Principles and Practice* (2nd ed., pp. 305–383). Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.
- Notermans, S., & Powell, S. C. (2005). Introduction. In H. L. M. Lelieveld, M. A. Mostert, & J. Holah (Eds.), *Handbook of hygiene control in the food industry*. Woodhead Publishing Limited.
- Packman, R., Knudsen, B., & Hansen, I. (2008). Perspectives in Tank Cleaning: Hygiene, Requirements, Device Selection, Risk Evaluation and Management Responsibility. In A. Tamime (Ed.), *Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations* (3rd ed., pp. 108–145). Blackwell Publishing Ltd, Society of Dairy Technology.
- Perfinox. (2016). Limpeza CIP | Limpeza :: Esterilização :: Aproveitamento. Retrieved from <http://www.perfinox.pt/limpeza-cip.html>
- Rovira, J., Cencic, A., Santos, E., & Jakobsen, M. (2006). Biological hazards. In P. A. Luning, F. Devlieghere, & R. Verhé (Eds.), *Safety in the Agri-food Chain* (pp. 67–143). The Netherlands: Wageningen Academic Pub. Retrieved from [https://books.google.pt/books?id=Sl1i6nSVK4cEC&dq=food+safety+physical+hazards&lr=&hl=pt-PT&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.pt/books?id=Sl1i6nSVK4cEC&dq=food+safety+physical+hazards&lr=&hl=pt-PT&source=gbs_navlinks_s)
- Rozendaal, A., & Macrae, A. R. (1997). Interesterification of Oils and Fats. In F. D. Gunstone & F. B. Padley (Eds.), *Lipid Technologies and Applications* (1st ed., pp. 223–264). New York: Marcel Dekker, Inc. Retrieved from [https://books.google.pt/books?id=MccA-I5PgIsC&pg=PA19&dq=interesterification+of+fats+oils&lr=&hl=pt-PT&source=gbs\\_toc\\_r&cad=4#v=onepage&q=interesterification of fats oils&f=false](https://books.google.pt/books?id=MccA-I5PgIsC&pg=PA19&dq=interesterification+of+fats+oils&lr=&hl=pt-PT&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q=interesterification+of+fats+oils&f=false)
- Schmidt, R. (2012). Food Equipment Hygienic Design: An Important Element of a Food Safety

- Program. *FoodSafety Magazine*. Retrieved from <http://www.foodsafetymagazine.com/magazine-archive1/december-2012january-2013/food-equipment-hygienic-design-an-important-element-of-a-food-safety-program/>
- Schmidt, R. H. (1997). Basic Elements of Equipment Cleaning and Sanitizing in food Processing and Handling Operations. *Food Science and Human Nutrition Department, UF/IFAS Extension*, 1–11.
- Troller, J. A. (2012). Cleaning. In *Sanitization in Food Processing* (2nd ed., pp. 30–51). California: Academic Press, Inc. Retrieved from [https://books.google.pt/books?id=PugaFG3wbcoC&dq=acidic+detergents+food+industry&lr=&hl=pt-PT&source=gbp\\_navlinks\\_s](https://books.google.pt/books?id=PugaFG3wbcoC&dq=acidic+detergents+food+industry&lr=&hl=pt-PT&source=gbp_navlinks_s)
- Unilever, & JerónimoMartins. (2016). História. Retrieved from <https://www.unilever-jm.com/about/who-we-are/our-history/>
- Valigra, L. (2010). Integral Role for Clean-in-Place Technology. *Food Quality and Safety, Farm to Fork Safety*. Retrieved from <http://www.foodqualityandsafety.com/article/integral-role-for-clean-in-place-technology/>
- van Asselt, A. J., & te Giffel, M. C. (2005). Pathogen resistance to sanitisers. In H. L. M. Lelieveld, M. A. Mostert, & J. Holah (Eds.), *Handbook of hygiene control in the food industry* (pp. 69–92). CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- Walton, M. (2008). Principles of Cleaning-in-Place (CIP). In A. Tamime (Ed.), *Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations* (3rd ed., pp. 1–9). Blackwell Publishing Ltd, Society of Dairy Technology.
- Watkinson, W. J. (2008). Chemistry of Detergents and Disinfectants. In A. Tamime (Ed.), *Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations* (3rd ed., pp. 56–80). Blackwell Publishing Ltd, Society of Dairy Technology.
- World Health Organization. (2015). *Food Safety - Fact sheet N°399*. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/en/>

## 8.1 Legislação

Decreto-Lei n.º 59/85 de 11 de março de 1985, que se destina a regular o fabrico e a comercialização de margarina.

Regulamento (CE) N.º 2991/94 do Conselho de 5 de dezembro de 1994, que institui normas relativas às matérias gordas para barrar.

Regulamento (EU) N.º 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2011, relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os géneros alimentícios (...).

Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2008, relativo aos aditivos alimentares.

Regulamento (CEE) N.º 2377/90 do Conselho de 26 de junho de 1990, que prevê um processo comunitário para o estabelecimento de limites máximos de resíduos de medicamentos veterinários nos alimentos de origem animal.

Regulamento (CE) N.º 396/2005 do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de fevereiro de 2005, relativo aos limites máximos de resíduos de pesticidas no interior e à superfície dos géneros alimentícios e dos alimentos para animais, de origem vegetal ou animal, e que altera a Diretiva 94/414/CEE do Conselho.

Regulamento (CE) N.º 1881/2006 da Comissão de 19 de dezembro de 2006, que fixa os teores máximos de certos contaminantes presentes nos géneros alimentícios.

Decreto-Lei n.º 67/98 de 18 de março de 1998, que estabelece as normas gerais de higiene a que devem estar sujeitos os géneros alimentícios, bem como as modalidades de verificação do cumprimento dessas normas.

Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto de 2007, que estabelece o regime da qualidade da água para consumo humano.



# Anexos

---

## 9 .Anexos

### 9.1 Anexo I – Relação de Concentração (%) e Condutividade (mS/cm, a 20°C) do Hidróxido de Sódio (NaOH)

Tabela 9.1: Relação de Concentração (%) e Condutividade (mS/cm, a 20°C) do Hidróxido de Sódio (NaOH). Informação obtida junto do fornecedor do detergente.

<b>Concentração (%)</b>	<b>Condutividade (mS/cm)</b>
0,1	19,57
0,2	21,87
0,3	24,39
0,4	27,09
0,5	29,97
0,6	33,02
0,7	36,2
0,8	39,52
0,9	42,95
<b>1</b>	<b>46,5</b>
1,1	50,13
1,2	53,84
1,3	57,61
1,4	61,44
1,5	65,32
1,6	69,22
1,7	73,15
1,8	77,1
1,9	81,05
<b>2</b>	<b>85</b>
2,1	88,94
2,2	92,86
2,3	96,76
2,4	100,64
2,5	104,47
2,6	108,27
2,7	112,03
2,8	115,74
2,9	119,39
<b>3</b>	<b>123</b>

## 9.2 Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante os diversos acompanhamentos de CIP às Linhas 1 e 3

Tabela 9.2: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Sistema Completo na Linha 1.

Linha 1 - Sistema Completo							
Produto	Contaminantes	Amostra	Tipo de Amostra	Localização	Método Analítico	Limite de Aceitação	Resultado
Creme vegetal para culinária com 59 % de gordura	Micro-organismos	1 - C	Água de Enxaguamento	Purga de Separação	Contagem de colónias em placa	Tabela 6.20	0
		2 - L	Água de Enxaguamento	Purga da B.A.P <sup>8</sup>	Contagem de colónias em placa		0
		3 - C	Água de Enxaguamento	Purga de Separação	Contagem de colónias em placa		0
	Contaminantes Químicos	1 - C	Água de Enxaguamento	Purga de Separação	Sensor de pH	6,5 - 9	7,758
					Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		2 - L	Água de Enxaguamento	Purga da B.A.P	Sensor de pH	6,5 - 9	7,982
					Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		3 - C	Água de Enxaguamento	Purga de Separação	Sensor de pH	6,5 - 9	8,186
					Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
	Alergénio	1 - C	Água de Enxaguamento	Purga de Separação	Kit ELISA	Negativo	Negativo
		2 - L	Água de Enxaguamento	Purga da B.A.P	Kit ELISA		Negativo
		3 - C	Água de Enxaguamento	Purga de Separação	Kit ELISA		Negativo
	Resíduos de Produto	1 - C	Superfície	Filtro	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
					Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
	Corpos estranhos	1 - C	Superfície	Filtro	Inspeção Sensorial		Limpo

Tabela 9.3: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Sistema Doseador 1 kg da Linha 1.

Linha 1 - Sistema Doseador 1 kg							
Produto	Contaminantes	Amostra	Tipo de Amostra	Localização	Método Analítico	Limite de Aceitação	Resultado
Creme vegetal para culinária com 59 % de gordura	Micro-organismos	1 - L	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Contagem de colónias em placa	Tabela 6.20	0
		2 - D	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Contagem de colónias em placa		0
		3 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Contagem de colónias em placa		0
		4 - D	Superfície	Boquilha de Enchimento	Contagem de colónias em placa		0
		5 - C	Produto Final	Arranque da linha	Contagem de colónias em placa		0
	Contaminantes Químicos	1 - L	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Sensor de pH	6,5 - 9	8,384
		2 - D	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Sensor de pH		7,794
		3 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Sensor de pH		8,013
		4 - D	Superfície	Boquilha de Enchimento	Tira indicadora de pH		7
	Alergénio	1 - L	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Kit ELISA	Negativo	Negativo
		2 - D	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Kit ELISA		Negativo
		3 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Kit ELISA		Negativo
		5 - C	Produto Final	Arranque da linha	Kit ELISA		Negativo
	Resíduos de Produto	4 - D	Superfície	Boquilha de Enchimento	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde

Tabela 9.4: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Passagem da Linha 1.

Linha 1 - Tanque de Passagem							
Produto	Contaminantes	Amostra	Tipo de Amostra	Localização	Método Analítico	Limite de Aceitação	Resultado
Creme vegetal para culinária com 59 % de gordura	Micro-organismos	1 - C	Superfície	Corpo	Contagem de colónias em placa	Tabela 6.20	0
			Superfície	Tampa	Contagem de colónias em placa		0
		2 - C	Água de Enxaguamento	<i>Spray Ball</i>	Contagem de colónias em placa		0
		3 - D	Superfície	Corpo	Contagem de colónias em placa		0
	Contaminantes Químicos	1 - C	Superfície	Corpo	Tira de pH	6,5 - 9	7
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		2 - C	Água de Enxaguamento	<i>Spray Ball</i>	Sensor de pH	6,5 - 9	7,663
			Água de Enxaguamento	<i>Spray Ball</i>	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
	Resíduos de Produto	1 - C	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		2 - C	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		3 - D	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		4 - C	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
	Alergénio	2 - C	Água de Enxaguamento	<i>Spray Ball</i>	<i>Kit ELISA</i>	Negativo	Negativo

Tabela 9.5: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Sistema Completo na Linha 3.

Linha 3 - Sistema Completo							
Produto	Contaminantes	Amostra	Tipo de Amostra	Localização	Método Analítico	Limite de Aceitação	Resultado
Creme vegetal para culinária com 79 % de gordura	Micro-organismos	1 - L	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Contagem de colónias em placa	Tabela 6.20	0
		2 - D	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Contagem de colónias em placa		0
		3 - L	Água de Enxaguamento	Purga Separação	Contagem de colónias em placa		0
		4 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Contagem de colónias em placa		0
	Contaminantes Químicos	1 - L	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Sensor de pH	6,5 - 9	7,984
					Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		2 - D	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Sensor de pH	6,5 - 9	7,815
					Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		3 - L	Água de Enxaguamento	Purga Separação	Sensor de pH	6,5 - 9	8,097
					Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		4 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Sensor de pH	6,5 - 9	7,901
					Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
	Alergénio	1 - L	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	<i>Kit ELISA</i>	Negativo	Negativo
		2 - D	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	<i>Kit ELISA</i>		Negativo
		3 - L	Água de Enxaguamento	Purga Separação	<i>Kit ELISA</i>		Negativo
		4 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	<i>Kit ELISA</i>		Negativo

Tabela 9.6: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Passagem e ao Sistema Doseador 500 g da Linha 3. Parte I

Linha 3 - Tanque de Passagem e Sistema Doseador 500 g							
Produto	Contaminantes	Amostra	Tipo de Amostra	Localização	Método Analítico	Limite de Aceitação	Resultado
Creme vegetal para culinária com 79 % de gordura	Micro-organismos	1 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Contagem de colónias em placa	Tabela 6.20	0
			Superfície	Corpo do Tanque	Contagem de colónias em placa		0
			Superfície	Tampa do Tanque	Contagem de colónias em placa		0
		2 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Contagem de colónias em placa		0
			Superfície	Corpo do Tanque	Contagem de colónias em placa		0
			Superfície	Tampa do Tanque	Contagem de colónias em placa		0
		3 - L	Superfície	Corpo	Contagem de colónias em placa		0
			Superfície	Tampa	Contagem de colónias em placa		0
		4 - L	Superfície	Corpo	Contagem de colónias em placa		0
			Superfície	Tampa	Contagem de colónias em placa		0
	Contaminantes Químicos	1 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Sensor de pH	6,5 - 9	7,709
		2 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Sensor de pH		7,707

Tabela 9.7: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Passagem e ao Sistema Doseador 500 g da Linha 3 - Parte II.

Linha 3 - Tanque de Passagem e Sistema Doseador 500 g							
Produto	Contaminantes	Amostra	Tipo de Amostra	Localização	Método Analítico	Limite de Aceitação	Resultado
Creme vegetal para culinária com 79 % de gordura	Resíduos de Produto	1 - C	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		2 - C	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		3 - L	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		4 - L	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
	Alergénio	1 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Kit ELISA	Negativo	Negativo
		2 - C	Água de Enxaguamento	Purga Sistema Doseador	Kit ELISA		Negativo



Tabela 9.8: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Pré-mistura 1 da Linha 3.

Linha 3 - Tanque de Pré-mistura 1							
Produto	Contaminantes	Amostra	Tipo de Amostra	Localização	Método Analítico	Limite de Aceitação	Resultado
Creme vegetal para culinária com 79 % de gordura	Micro-organismos	1 - C	Superfície	Corpo	Contagem de colónias em placa	Tabela 6.20	0
			Superfície	Tampa	Contagem de colónias em placa		0
		2 - L	Superfície	Corpo	Contagem de colónias em placa		0
			Superfície	Tampa	Contagem de colónias em placa		0
		3 - D	Superfície	Corpo	Contagem de colónias em placa		0
			Superfície	Tampa	Contagem de colónias em placa		0
	Resíduos de Produto	1 - C	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		2 - L	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		3 - D	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo

Tabela 9.9: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Pré-mistura 2 da Linha 3. Parte I.

<b>Linha 3 - Tanque de Pré-mistura 2</b>							
Produto	Contaminantes	Amostra	Tipo de Amostra	Localização	Método Analítico	Limite de Aceitação	Resultado
Creme vegetal para culinária com 79 % de gordura	Micro-organismos	2 - C	Superfície	Corpo	Contagem de colónias em placa	Tabela 6.20	0
			Superfície	Tampa	Contagem de colónias em placa		0
		3 - C	Superfície	Corpo	Contagem de colónias em placa		0
			Superfície	Tampa	Contagem de colónias em placa		0
		4 - L	Superfície	Corpo	Contagem de colónias em placa		0
			Superfície	Tampa	Contagem de colónias em placa		0
		5 - D	Superfície	Corpo	Contagem de colónias em placa		0
			Superfície	Tampa	Contagem de colónias em placa		0

Tabela 9.10: Resultados das análises realizadas às amostras recolhidas durante o CIP ao Tanque de Pré-mistura 2 da Linha 3. Parte II.

<b>Linha 3 - Tanque de Pré-mistura 2</b>							
Produto	Contaminantes	Amostra	Tipo de Amostra	Localização	Método Analítico	Limite de Aceitação	Resultado
Creme vegetal para culinária com 79% de gordura	Resíduos de Produto	1 - D	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		2 - C	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		3 - C	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		4 - L	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
		5 - D	Superfície	Tampa	Zaragatoa de Proteína Total	Verde	Verde
			Superfície	Corpo	Zaragatoa de Proteína Total		Verde
			Superfície	Corpo e Tampa	Inspeção Sensorial	Tabela 6.20	Limpo
	Contaminantes Químicos	2 - C	Superfície	Tampa	Tira de pH	6,5 - 9	7